

國有林班地區域野生動物道路致死調查及  
改善對策探討

Wildlife roadkill survey & impact mitigation in  
National Forest Area

委託單位：行政院農業委員會林務局

執行單位：觀察家生態顧問有限公司

研究主持人：蘇維翎

協（共）同主持人：劉威廷

研究人員：呂嘉耘、林煒筌、張毓琦、許永暉、陳姿言、陳柏豪  
陳郁屏、鄭偉群、鍾昆典

中華民國 101 年 11 月 27 日



林務局保育研究系列

10024 號

國有林班地區野生動物道路致死調查及改善對策探討

研究主持人蘇維翎

中華民國 101 年 11 月 27 日

## 中文摘要

本計畫為二年度計畫，總目標包含從地景和破碎化等因子進行較大尺度的敏感程度評估，分析區域性林道上道路致死課題，建立先期評估模式，並針對林務局所轄國有林範圍內的野生動物道路及周邊排水設施致死課題進行調查分析，根據調查結果找出野生動物道路致死敏感區段，並提出改善減輕的相關對策。第一年已完成初步的國有林班地內的林道道路致死敏感程度評估，並參考道路管制情形、林道通行狀況、既有景點設施等因子，挑選已知有道路致死課題的桶后林道、大雪山林道、宜專一線與翠峰林道等4條林道進行調查，記錄種類、數量、分布里程、周圍環境因子並分析熱點分布情形。第一年調查共記錄了2519筆的哺乳類、兩棲類、鳥類與爬行類道路致死紀錄，以兩棲類(1825筆)與爬行類(590筆)佔較多數，而保育類物種則記錄到18種81隻，以蛇類為主(11種54隻)。利用地理資訊系統(ArcGIS 10.0)與熱點顯著性檢定工具(Hot Spot Analysis, Getis-Ord  $G_i^*$ )分析顯示，道路致死最為顯著的類群以溪流蛙類(梭德氏赤蛙)最高，在時間與空間分布上均有顯著高峰，地點主要位於桶后林道與大雪山林道。此外，本計畫第一年度亦蒐集了國內外關於道路致死生態課題的野生動物受影響案例、可能影響因子、調查系統建置、改善措施評估或指南等相關文獻，並參考相關內容，擬定第二年度建議辦理方向與其他建議項目，提供主辦單位作為本課題的對策參考。

關鍵字：道路致死調查、熱區分析、林道、道路結構、道路生態

## Abstract

The first year of the two-year project of roadkill survey of the forest roads was focused on evaluating and identifying the main issues that may impact the wildlife. We started from a landscape-level approach concerning all forests in the mountainous area and built a spatial analysis that predicted areas of high ecological sensitivity (i.e. high risk of animal mortality) according to species diversity and habitat quality. Four roads of high ecological sensitivity, including Tunghou, Tahsueshan, Yi-Zhuan First and Cui-Feng Forest Roads, were then chosen and a year-round roadkill survey were conducted to investigate the spatial distribution and potential factors of roadkills along each road. The location, species, maturity and number of animal mortality were recorded by GPS digital camera. The topography and land use beside the road was processed using ArcGIS 10.0 as environmental factors. The major road structure elements (including different types of fences, walls, and ditches) were recorded from field survey as road factors. We used both kernel density estimation and the Getis-Ord  $G_i^*$  spatial clustering statistic to assess roadkill hot spots. The year-round survey on four roads recorded a total of 2519 roadkills (87 species), including 51 mammals (2.0%, 13species), 53 birds (2.1%, 17 species), 590 reptiles (23.4%, 46 species) and 1825 amphibians (72.4% 11 species), among them 81 were protective species (18 species) and 51 were snakes (11 species). Roadkill of river-breeding frogs had the highest number and was highly clustered seasonally and spatially on both Tahsueshan and Tunghou Forest Roads. Sections of the highest mortality and species diversity were listed as candidate sites for mitigation measures. The road and environmental factors were processed and stored in the form of geo-database for further analysis on the second year.

Keywords: Roadkill, Getis-Ord statistic, Forest Road, road engineering, road ecology

## 目錄

中文摘要	.....	i
Abstract	.....	ii
目錄	.....	iii
圖目錄	.....	vii
表目錄	.....	xi
第一章 計畫認知	.....	1
1.1 基本資料	.....	1
1.2 計畫目標	.....	2
1.3 工作項目及內容	.....	2
1.3.1 全程工作項目及內容	.....	2
1.3.2 本年度工作項目及內容	.....	3
第二章 野生動物道路致死文獻案例	.....	6
2.1 道路對生態環境影響概述	.....	6
2.2 道路致死案例與影響因子探討	.....	8
2.2.1 道路致死案例	.....	8
2.2.2 探討影響道路致死因子案例	.....	12
2.3 道路致死紀錄蒐集與累積資料運用案例	.....	14
2.3.1 道路致死紀錄蒐集系統案例	.....	15
2.3.2 道路致死資料蒐集運用案例	.....	17
2.4 道路致死改善措施評估案例	.....	18
2.5 道路致死改善對策/設計案例	.....	25
2.6 國內既有動物通道相關案例初步整理	.....	32
2.6.1 道路致死調查研究案例	.....	33

2.6.2	國內道路致死改善措施案例 .....	39
第三章	林班地道路致死潛在風險評估與研究規劃 .....	43
3.1	臺灣山區林道野生動物道路致死的潛在衝擊探討 .....	43
3.1.1	影響山區內野生動物道路致死的主要因子 .....	43
3.1.2	道路設計與結構因子對野生動物道路致死的潛在影響 .....	45
3.2	生物敏感性評估指標與分析模式 .....	45
3.2.1	以道路與生態焦點區域的空間關係為評估指標 .....	47
3.2.2	以道路致死敏感物種分布概況為評估指標 .....	50
3.2.3	空間圖層資料蒐集、更新與建置 .....	53
3.3	全臺林道現況調查與研究路段評選 .....	55
3.3.1	第一階段評選因子與操作流程 .....	57
3.3.2	道路致死調查候選樣區現勘 .....	60
3.3.3	道路致死潛在風險評估結果比對與工作坊確認 .....	62
第四章	林班地野生動物道路致死研究方法 .....	64
4.1	道路致死調查方法 .....	64
4.1.1	道路致死調查執行項目與頻度 .....	64
4.1.2	道路致死調查作業標準操作方式 .....	65
4.1.3	資料處理與熱點分析方法 .....	69
4.2	道路致死相關性分析的資料蒐集與分析方法 .....	71
4.2.1	道路結構與環境因子蒐集 .....	71
4.2.2	道路結構與環境資料處理與相關性分析方法 .....	79
第五章	道路致死調查分析結果 .....	82
5.1	本計畫調查工作執行與各林道現況整理說明 .....	82
5.2	各林道調查結果 .....	88
5.2.1	各林道各類群動物道路致死調查結果 .....	88
5.2.2	道路致死各類群物種概述 .....	92

5.2.3	各月份各次調查結果比較 .....	106
5.2.4	假日與非假日逐日調查資料分析 .....	109
5.3	道路致死熱點分析結果 .....	111
5.3.1	桶后林道道路致死熱點 .....	112
5.3.2	宜專一線道路致死熱點 .....	115
5.3.3	翠峰林道道路致死熱點 .....	119
5.3.4	大雪山林道道路致死熱點 .....	123
5.4	道路致死與道路結構及環境因子之相關性 .....	131
5.4.1	環境因子資料處理結果 .....	131
5.4.2	大雪山林道相關性分析結果 .....	134
5.4.3	其他觀察結果 .....	136
第六章	道路致死課題分析與改善對策研擬 .....	140
6.1	林道動物道路致死課題討論 .....	140
6.2	各林道道路致死課題分析與後續工作建議 .....	147
6.2.1	各林道道路致死課題分析與建議 .....	147
6.2.2	後續工作建議 .....	150
6.3	改善對策建議 .....	155
6.3.1	針對確定目標物種之道路致死減輕改善措施 .....	156
6.3.2	通則性道路致死改善建議 .....	158
6.4	新竹、東勢與羅東林區管理處拜訪 .....	161
參考文獻	.....	164
附錄一	林道初步評選表	
附錄二	林道現勘紀錄表	
附錄三	各林道調查日期	
附錄四	林道道路致死動物調查結果與名錄	
附錄五	道路致死動物幼體紀錄	

- 附錄六 道路致死動物抱卵母體紀錄
- 附錄七 林道目標物種活體及排遺紀錄
- 附錄八 非目標物種道路致死紀錄
- 附錄九 民眾參與蒐集大雪山林道動物路死資料蒐集－簡介及調查表格
- 附錄十 道路致死記錄表格範例
- 附錄十一 國內外相關減輕措施案例照片示意圖
- 附錄十二 各縣市動物救傷單位資料
- 附錄十三 歷次工作坊與會議與會單位意見及辦理情形
- 附錄十四 歷次會議簡報資料

## 圖目錄

圖1.3.2-1	計畫執行流程 .....	5
圖2.4-1	道路工程各階段應注意之生態課題與建議對策 .....	20
圖2.4-2	評估與設置道路致死改善措施流程 .....	22
圖2.4-3	不同道路致死改善目標與可參考之改善措施類型 .....	23
圖2.4-4	美國各類改善措施既有案例 .....	25
圖2.5-1	西懷俄明州大型哺乳類固定利用的大跨距橋下通道 .....	28
圖2.6.1-1	不同路段、季節、類群的道路致死分布情形 .....	35
圖2.6.1-2	高速公路鳥類撞擊風險區示意 .....	35
圖2.6.1-3	國道路容清潔人員協助進行道路致死調查 .....	36
圖2.6.1-4	太平山林道道路致死野生動物 .....	38
圖2.6.2-1	陽明山國家公園野生動物穿越通道 .....	40
圖2.6.2-2	綠島蟹類生態廊道調查評估建置 .....	41
圖2.6.2-3	高速公路局動物通道設置與監測 .....	42
圖3.1-1	全臺森林地、林班地與林班地內道路分布示意圖 .....	44
圖3.2-1	林班地中的道路圖層(左)與潛在生態敏感性分析單元(右).....	47
圖3.2.1-1	林班地中的生態焦點區域(左)與分析單元重疊焦點 區域現況(右).....	48
圖3.2.1-2	以生態焦點區域分析林班地內道路單元之敏感性 .....	49
圖3.2.2-1	各物種類群於林班地內分布的敏感區域示意圖 .....	50
圖3.2.2-2	以兩棲爬行類群分布與種數分析林班地內道路單元敏感性 .....	52
圖3.2.3-1	林道圖層校正前後差異 .....	54
圖3.2.3-2	林道實際里程碑與地理資訊系統林道長度計算值差異 .....	55
圖3.3-1	道路致死調查樣區林道評選流程 .....	56
圖3.3.2-1	林道現勘工作狀況 .....	61
圖4.1.2-1	調查工具準備與利用GPS校對相機時間 .....	66
圖4.1.2-2	動物屍體照片應包含資訊示意 .....	67

圖4.1.2-3	路面位置分類分方式 .....	67
圖4.1.2-4	動物屍體位置照片拍攝方式 .....	68
圖4.1.2-5	動物屍體位置照片應包含之資訊 .....	68
圖4.1.3-1	動物屍體位置照片套疊GPS航跡示意圖 .....	69
圖4.1.3-2	圖示核密度估計法(KDE)執行原理 .....	71
圖4.2.1-1	道路型式分類範例 .....	72
圖4.2.1-2	護欄型式分類範例 .....	72
圖4.2.1-3	邊坡型式分類範例 .....	73
圖4.2.1-4	岔路範例 .....	73
圖4.2.1-5	水溝型式分類範例 .....	74
圖4.2.1-6	溪澗範例 .....	74
圖4.2.1-7	集水井範例 .....	75
圖4.2.1-8	截流溝範例 .....	75
圖4.2.1-9	其他未歸類之特殊點位範例 .....	76
圖4.2.1-10	棲地因子變化之點位紀錄 .....	76
圖4.2.1-11	ArcGIS整合大雪山林道全線道路因子變化示意 .....	78
圖5.1-1	桶后、大雪山與翠峰林道沿線土地利用類型、林班地範圍 與水系 .....	86
圖5.1-2	宜專一線林道沿線土地利用類型、林班地範圍與水系 .....	87
圖5.2.1-1	各林道各類群調查結果種類(左)和數量(右)比較圖 .....	91
圖5.2.1-2	各林道各類群細項道路致死數量比較圖 .....	92
圖5.2.2-1	梭德氏赤蛙(左)和盤古蟾蜍(右)道路致死紀錄海拔分布圖 .....	94
圖5.2.2-2	主要4條林道蜥蜴類道路致死數量 .....	95
圖5.2.2-3	主要4條林道蛇類道路致死數量 .....	96
圖5.2.2-4	主要爬行類道路致死紀錄海拔高度分布 .....	97
圖5.2.2-5	大雪山林道蜥蜴類道路致死紀錄海拔比較 .....	97
圖5.2.2-6	保育類道路致死動物 .....	100
圖5.2.2-7	大雪山林道每公里保育類動物道路致死數量 .....	101
圖5.2.2-8	小雪山資訊站放置道路致死宣傳單和調查表格 .....	106

圖5.2.3-1	各月份各類群記錄數量比較 .....	107
圖5.2.3-2	各次調查兩棲類數量比較 .....	108
圖5.2.3-3	各次調查爬行類數量比較 .....	108
圖5.2.3-4	各次調查蛇類數量和組成 .....	109
圖5.2.4-1	99年1月至100年12月大雪山森林遊樂區遊客統計 .....	110
圖5.2.4-2	本計畫各林道假日和非假日連續調查結果 .....	111
圖5.3.1-1	桶后林道不分類群道路致死熱點分布 .....	112
圖5.3.1-2	桶后林道蛙與蛇類道路致死熱點的空間分布與顯著性分析 ....	113
圖5.3.1-3	桶后林道每百公尺道路致死物種豐度圖 .....	114
圖5.3.1-4	桶后林道(A)蛇類與(B)蛙類道路致死物種分布與累積數量 ....	115
圖5.3.2-1	宜專一線不分類群道路致死熱點結果 .....	116
圖5.3.2-2	宜專一線蛙類與蛇類道路致死熱點的空間分布與 顯著性分析 .....	117
圖5.3.2-3	宜專一線每百公尺道路致死物種豐度圖 .....	118
圖5.3.2-4	宜專一線(A)蛇類與(B)蛙類道路致死物種分布與累積數量 ....	119
圖5.3.3-1	翠峰林道不分類群道路致死熱點結果 .....	120
圖5.3.3-2	翠峰林道蛙類與蛇類道路致死熱點的空間分布與 顯著性分析 .....	121
圖5.3.3-3	翠峰林道每百公尺道路致死物種豐度圖 .....	122
圖5.3.3-4	翠峰林道(A)蛇類與(B)蛙類道路致死物種分布路段與 累積數量 .....	123
圖5.3.4-1	大雪山林道不分類群道路致死熱點結果 .....	124
圖5.3.4-2	大雪山林道蛙類與蛇類道路致死熱點的空間分布與 顯著性分析 .....	125
圖5.3.4-3	大雪山林道每公里道路致死物種豐度圖 .....	126
圖5.3.4-4	大雪山林道每0.5公里道路致死物種豐度圖 .....	127
圖5.3.4-5	大雪山林道每百公尺道路致死物種豐度圖 .....	127
圖5.3.4-6	大雪山林道道路致死物種分布與數量 .....	129
圖5.3.4.7	大雪山林道里程與海拔呈穩定的正相關 .....	130
圖5.3.4-8	大雪山林道沿線兩棲與爬行類道路致死熱點與物種	

	多樣性分布 .....	130
圖5.4.1-1	圖示列舉三項道路因子在大雪山的空間變化分布 .....	133
圖5.4.1-2	不同形式的L型溝.....	134
圖5.4.3-1	大雪山林道的連續混凝土護欄可能會增加道路致死機率 .....	136
圖5.4.3-2	大雪山林道的大擋土牆與連續混凝土護欄連接路段可能有較高的道路致死機率 .....	137
圖5.4.3-3	大雪山林道的灌溉水路和引水管線形成的積水和潮濕環境 ....	138
圖5.4.3-4	大雪山林道的攀蜥道路致死熱點常有茂密的地被植物和充足的陽光 .....	139
圖6.1-1	大雪山林道梭德氏赤蛙大規模道路致死累積數量與分布.....	143
圖6.1-2	桶后林道道路致死分布與生物資源評估潛在敏感性結果比較 .....	144
圖6.1-3	大雪山林道特定地點的鳥類餵食活動課題 .....	145
圖6.2.1-1	大雪山林道8.5k-9.0k熱點路段環境現況.....	150
圖6.2.2-1	大雪山林道連續混凝土護欄下方排水孔阻塞 .....	154
圖6.2.2-2	大雪山林道17.5k前後攀蜥道路致死熱點及改善建議示意 .....	155
圖6.3.2-1	國道清潔人員執行道路致死調查工作情形 .....	158
圖6.3.2-2	大雪山林道沿線宣導行車安全布條 .....	160

## 表目錄

表2.2.1-1	道路致死對動物物種影響案例 .....	9
表2.2.2-1	探討影響道路致死發生因子案例 .....	13
表2.3-1	道路致死紀錄蒐集與累積資料進行運用的案例 .....	15
表2.4-1	道路致死改措施評估案例 .....	19
表2.5-1	道路致死改善對策/設計案例 .....	26
表2.5-2	加州范杜拉郡野生動物動物類群道路致死改善措施考量 .....	29
表2.6-1	國內既有動物通道相關案例 .....	33
表3.2.1-1	生態焦點區域所使用之圖層資訊 .....	48
表3.2.2-1	預測林道道路致死威脅路段潛在敏感程度所使用之 兩棲爬行類物種與資料筆數 .....	51
表3.3-1	選擇擬調查敏感林道考量因子 .....	56
表3.3.1-1	第一階段林道篩選因子與具備該條件之林道 .....	58
表3.3.1-2	林道篩選因子-通過或連接森林遊樂區或知名景點篩選結果 .....	59
表3.3.1-3	林道篩選因子-柏油鋪面的路段長度篩選結果 .....	60
表4.1.1-1	各月調查執行頻度 .....	65
表4.2.2-1	道路因子變數整理 .....	79
表4.2.2-2	環境因子類型以及大雪山林道環域50公尺的面積比率概況 .....	80
表5.1-1	調查林道現況整理 .....	85
表5.2.1-1	各林道各類群調查結果統計 .....	89
表5.2.1-2	各林道各類群道路致死密度 .....	90
表5.2.1-3	各類群動物細項區分方式說明 .....	91
表5.2.2-1	各林道保育類動物道路致死紀錄 .....	101
表5.2.2-2	各類群動物幼體和抱卵個體記錄月份 .....	102
表5.2.2-3	各林道非本計畫調查資料收集彙整 .....	104

表5.4.1-1	大雪山林道各道路型式分布比例初步統計 .....	132
表5.4.1-2	大雪山林道水溝、護欄與邊坡型式分布比例初步統計 .....	132
表5.4.2-1	大雪山林道全線各類群動物道路致死數量與道路及 環境因子之相關性分析 .....	135
表5.4.2-2	大雪山林道4k-25k路段不同類群動物道路致死數量與 道路及環境因子之相關性分析 .....	135
表6.1-1	本計畫全林道、大雪山林道與陽明山國家公園案例比較 .....	141
表6.2.2-1	道路致死優先改善目標物種類群建議 .....	153

## 第一章 計畫認知

### 1.1 基本資料

(1) 計畫序號、名稱及經費

(a) 計畫編號：100林發-7.1-保-73

(a) 計畫名稱：國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討

(a) 計畫經費：第一年經費新臺幣1,500(單位千元)

(2) 計畫主持人

(a) 投標單位名稱：觀察家生態顧問有限公司

(b) 姓名：蘇維翎 職稱：生態工程部經理 電話：02-23648581

(c) 傳真：02-23680806 電郵：weling.su@gmail.com

(3) 計畫聯絡人

(a) 投標單位名稱：觀察家生態顧問有限公司

(b) 姓名：鍾昆典 職稱：研究員 電話：02-23648581

(c) 傳真：02-23680806 電郵：mantaray.qd@gmail.com

(4) 執行期限：本年度計畫期程：自決標(民國100年10月21日)次日起一年內

## 1.2 計畫目標

林務局所轄國有林班地面積約有150萬公頃，其中有各類豐富珍貴的自然環境和多樣性極高的生物資源，並設置有多處的自然保留區、野生動物保護區、重要棲息環境和自然保護區。

國有林豐富的生物資源和自然景觀具有極高生態旅遊和環境教育價值，部分自然保護區域周邊或森林遊樂區更是重要的觀光遊憩據點，因而相關之聯外道路、行駛車輛和遊客均可能對野生動植物產生衝擊，其中車輛對穿越道路的野生動物(哺乳動物、鳥類及兩棲爬行類)造成的道路致死問題(Roadkill)，已成為先進國家道路工程單位極為重視的課題。

本計畫目標即為從地景和破碎化等因子進行較大尺度的敏感程度評估，分析區域性課題，建立先期評估模式，並針對林務局所轄國有林範圍內的野生動物道路及周邊排水設施致死課題進行調查分析，根據調查結果找出野生動物道路致死敏感區段，並提出改善減輕的相關對策。此外，本計畫亦透過案例執行經驗，擬定國有林班地區域內野生動物道路及周邊排水設施致死課題調查及改善機制原則，作為後續野生動物道路及周邊排水設施致死調查及改善工作之參考依據。

## 1.3 工作項目及內容

### 1.3.1 全程工作項目及內容

本計畫預定於二年計畫期間進行調查及資料收集並完成下列目標：

#### (1) 大尺度分析

- (a) 彙整分析國內外野生動物道路及周邊排水設施致死文獻與相關案例。

- (b) 以問卷訪談或其他系統化方式調查國有林班地相關道路及周邊排水設施，評估國有林班地之大尺度野生動物道路及周邊排水設施致死的潛在熱點。
- (c) 探討野生動物道路及周邊排水設施致死敏感路段與山區道路結構型式之關聯性，初擬調查課題建議，並提出因應之改善原則，作為後續野生動物道路致死調查及改善工作之參考依據。

(2) 小尺度調查

於林務局國有林班地內擇定3處敏感路段調查野生動物道路及周邊排水設施致死物種名錄、主要目標物種、熱點分布及分析可能形成之原因，同時提出改善方式建議，提供改善之優先順序。

(3) 教育訓練

與相關單位辦理野生動物道路及周邊排水設施致死課題工作坊，分享計畫成果及實際案例與經驗交流。

### 1.3.2 本年度工作項目及內容

(1) 國內外野生動物道路及周邊排水設施致死相關文獻與案例蒐集

蒐集國內外野生動物道路致死調查方法、監測模式、成因分析、減輕改善措施、動物通道案例施作、成效監測評估等相關文獻案例。

(2) 評估國有林班地區域內野生動物道路及周邊排水設施致死潛在敏感程度

以林務局所轄國有林班地區域為主，以地景因子、套疊道路系統、森林圖層和河川水系進行森林破碎化程度，並以道路密度和等級、野生動物文獻等資料，佐以現場人員進行問卷調查，評估道路致死的敏感路段及程度，以瞭解不同森林、道路上的野生動物道路致死壓力。

(3) 國有林班地區域野生動物道路及周邊排水設施致死現況調查與課題分析

根據野生動物道路致死潛在敏感程度評估操作結果，於林務局國有林班地內擇定3處敏感路段，在不同情境下(如假日及非假日、不同季節、不同車流量、道路轉彎處)進行野生動物道路致死事件以及道路結構型式、兩側棲地狀況進行調查，釐清敏感路段、目標物種、可能致死成因等。

(4) 研擬國有林班地區域野生動物道路致死課題改善對策

延續前項調查分析結果，針對調查結果野生動物道路致死敏感路段擬訂初步減輕改善對策及建議改善之優先順序。

(5) 野生動物道路致死課題工作坊

建立野生動物道路致死課題之工作坊與討論平臺，以每年辦理2次為原則，邀請國有林及道路相關單位進行野生動物道路致死相關課題經驗交流與討論。

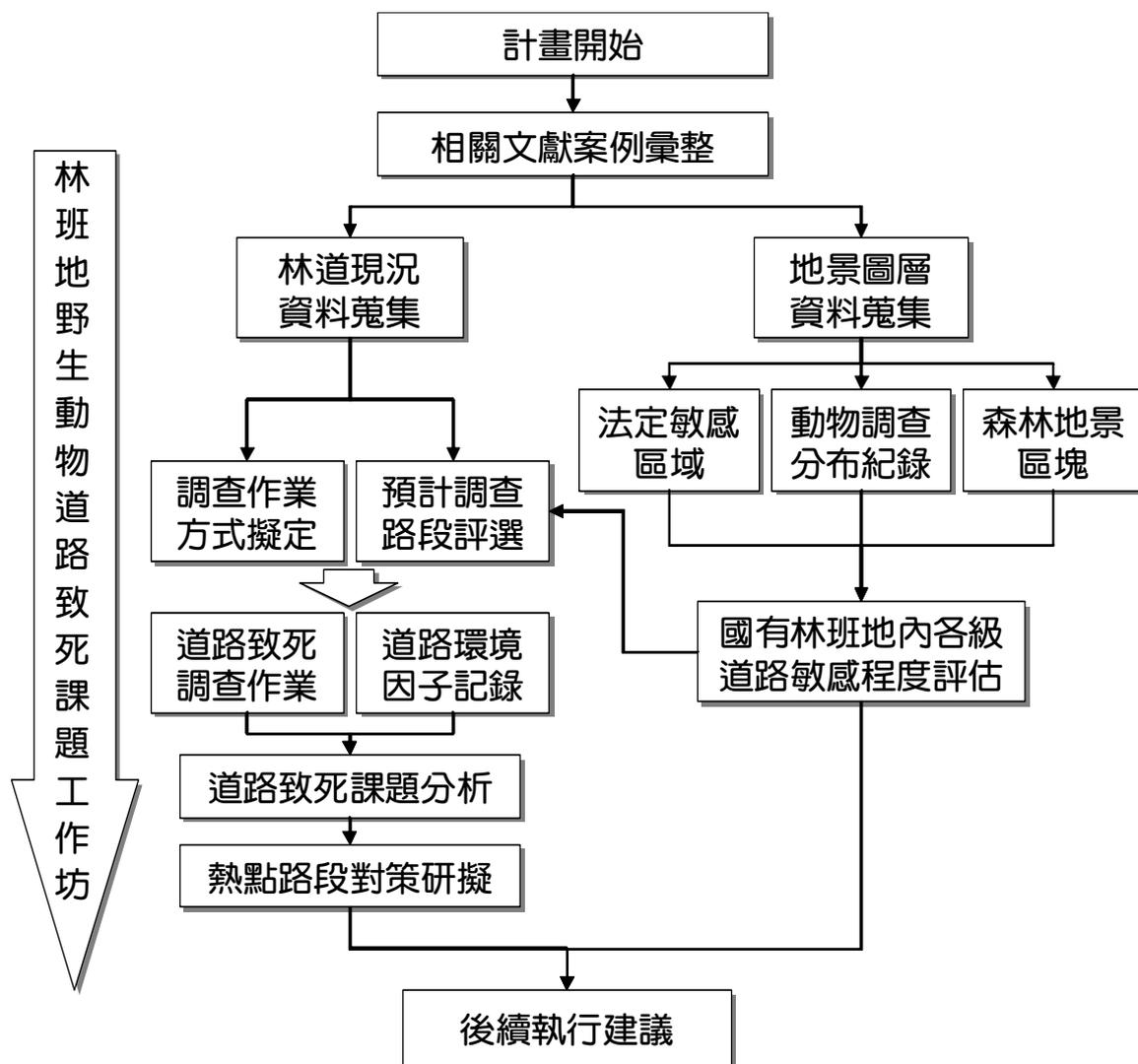


圖 1.3.2-1 計畫執行流程



## 第二章 野生動物道路致死文獻案例

### 2.1 道路對生態環境影響概述

近年來隨著對於生態環境議題的重視，國內外已累積相當規模的道路對生態環境影響的研究案例，而道路生態學成為生態學中的重要主題之一，並有各種生態與交通的研討會如國際生態與運輸研討會(International Conference on Ecology and Transportation, ICOET)，以及道路生態學研究中心等對本議題進行關注。各研究中，道路對生態環境和動植物族群產生的影響，以負面佔絕大部分，主要包含道路施工造成棲地破壞和生物死亡、營運階段車輛撞擊野生動物致死(Roadkill)、棲地切割、破碎化、邊緣效應增加、改變動物行為、造成微棲地條件變化、引進外來種、增加捕食者，以及道路營運後衍生邊坡崩塌、盜獵、遊憩活動干擾等，均提高野生動物族群的繁衍和存續的風險，及進一步造成全球生物多樣性降低(Benitez-Lopez *et al.* 2010; Coffin 2007; Fahrig & Rytwinski 2009; Trombulak & Frisselt 2000, 曾榮英等，2006)。

Coffin(2007)整合了自1970年後眾多道路生態層面的研究結果，對交通運輸系統的環境影響進行分析，以提供運輸規劃單位了解其作業內容對生態與環境的影響。該文獻回顧主要從非生物層面、生物層面與路網結構層面切入道路對生態的影響。

#### (1) 非生物層面

道路對非生物因子條件造成的改變包含(a)影響水體或水質，如阻擋或加速水體流動並改變溪流系統，使降雨時溪流洪峰提前到來；或因車輛行駛而帶來污染如鉛、銅、鎘、碳氫化合物、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化合物、甲烷、苯等；(b)造成噪音與其它空氣污染等影響。其中噪音是道路對生態最顯著的干擾因子之一，也是生態學家關注的焦點(Forman & Alexander 1998; Grant *et al.* 2003; Helldin *et al.* 2009; Jones *et al.* 2000; Reijnen *et al.* 1997;

Reijnen & Veenbaas 2002; Trombulak & Frisselt 2000; US-EPA 2001)

(2) 生物層面

道路對動物的作用通常被分為主要(或稱直接)影響與次要(或稱間接)影響。此篇研究將道路在生物層面的影響統整為以下主要兩個方向：

(a) 動物個體死因與移動障礙：

Forman & Alexander (1998)指出，美國道路致死衝擊對脊椎動物族群的影響，已大於狩獵帶來的衝擊。而受影響較大的物種，例如佛州美洲豹(Florida panther)，其道路致死率曾經高達其族群量的10%。其他大型、稀有且受威脅的脊椎動物如黑熊(black deer)、凱鹿(key deer)與美洲鱷(American crocodile)中，也發現道路致死為其族群中的主要死因。道路阻礙動物移動的效應雖然不如道路致死明顯易見，仍有許多研究指出，動物棲地受道路切割而破碎化的情形，包含眾多動物分類類群，如小型哺乳類、大型哺乳類、森林下層鳥類、昆蟲和爬行類等，會因道路阻隔外來個體移入族群，而使區域性族群滅絕。部分案例中，甚至有因為道路涵洞設計不良，而使溪流上下游魚類基因交流受到阻隔的情形(Bhattacharya *et al.* 2003; Develey & Stouffer 2001; Harris & Scheck 1991; Johnson & Collinge 2004; Nellemann *et al.* 2001; Nislow 2009; Oxley *et al.* 1974; Smith *et al.* 2005)。

(b) 道路提供棲地與廊道功能

道路在特定情形下，可以提供部分動物棲地或廊道的功能，特別是對小型哺乳類與昆蟲(Deckers *et al.* 2005; Getz *et al.* 1978)而言。在某些案例中，如澳洲與荷蘭的鐵路，在周圍自然環境已被劇烈改變時，其邊緣仍屬原生植被的區域，可維持地景中生物多樣性(Hussey 1991; Vermeulen 1994)。然而，道路所能提供的棲地功能，受本身設計影響相當大。例如跳鼠(kangaroo rat)在泥土路與石渣路之間，顯著偏好於前

者活動(Brock & Kelt 2004)。通常較能利用道路做為移動路徑的物種，常具有廣生性物種(generalist species)的特性，亦即較能適應各種不同的環境。因此，道路也常是外來入侵種能成功侵入地區建立族群的重要因子(Forman & Alexander 1998; Oxley *et al.* 1974)。

### (3) 路網的生態影響

當道路形成網狀結構時，其所帶來的直接或間接生態影響，會因其累積效應作用更為擴大。例如土地類型轉變為道路時造成的棲地損失、衍生的土地類型改變、因破碎化而降低的棲地品質和棲地間連結度，會因路網結構的組織特性而使其作用、影響的尺度增大。路網密度提高的影響包含(a)因地景改變與破碎化，使動物族群密度隨著道路密度提高而降低，部分物種的分布距離道路越來越遠 (b)道路周圍的影響區域(road-effect zone)影響了森林內部鳥類、兩棲類、哺乳類與整體物種豐富度；(c)當棲地過度破碎化時，道路造成阻隔的影響甚至使讓物種瀕臨絕種(Angelsen & Kaimowitz 1999; Barnes *et al.* 1995; Canaday 1997; Carr *et al.* 2002; Develey & Stouffer 2001; Forman *et al.* 2003; Godefroid & Koedam 2004; Haskell 2000; Huijser & Bergers 2000; Lin 2009; Mech *et al.* 1988; Nislow 2009; Reed *et al.* 1996; Theobald *et al.* 1997; Willard & Warr 1971)。

## 2.2 道路致死案例與影響因子探討

### 2.2.1 道路致死案例

因車輛撞擊造動物死亡，除了是最明顯而容易觀察的衝擊現象外，若受到撞擊的野生動物體型較大，亦會關係到交通安全議題。因而此，道路致死成為道路對生態衝擊的主要研究項目之一。本計畫已蒐集彙整道路致死研究的相關案例如表2.2.1-1，並以物種類群進行區分，摘要如後。

表 2.2.1-1 道路致死對動物物種影響案例

作者	年份	主題
Beaudry <i>et al.</i>	2010	Identifying hot moments in road-mortality risk for freshwater turtle.
Clarke <i>et al.</i>	1998	Effects of roads on badger <i>Meles meles</i> populations in south-west England.
Develey <i>et al.</i>	2001	Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in central Amazonian Brazil.
Fahrig <i>et al.</i>	1995	Effect of Road Traffic on Amphibian Density.
Forman <i>et al.</i>	1998	Roads and their major ecological effects.
Guyot <i>et al.</i>	1997	Conservation Measures for A Population of Hermann's Tortoise <i>Testudo hermanni</i> in Southern France Bisected by A Major Highway.
Harris <i>et al.</i>	1991	From implications to applications: the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity.
Hels <i>et al.</i>	2001	The effect of road kills on amphibian populations.
Huijser <i>et al.</i>	2000	The effect of roads and traffic on hedgehog ( <i>Erinaceus europaeus</i> ) populations.
Jochimsen	2005	Factors influencing the road mortality of snakes on the Upper Snake River Plain, Idaho.
Johnson <i>et al.</i>	2004	Landscape effects on black-tailed prairie dog colonies.
Kociolek <i>et al.</i>	2009	Effects of Paved Roads on Birds: A Literature Review and Recommendations for the Yellowstone to Yukon Ecoregion.
MacKinnon <i>et al.</i>	2005	Why did the reptile cross the road? Landscape factors associated with road mortality of snakes and turtles in the south eastern Georgian Bay area.
Meek	2012	Patterns of amphibian road-kills in the Vendée region of Western France.
Nellemann <i>et al.</i>	2001	Winter distribution of wild reindeer in relation to power lines, roads and resorts.
Nislow	2009	Road infrastructure and stream habitat connectivity: Research to aid management and conservation plans in a changing environment.
Oxley <i>et al.</i>	1974	The effects of roads on populations of small mammals.
Roe <i>et al.</i>	2006	Beyond the wetland border: Estimating the impact of roads for two species of water snakes.
Saeki <i>et al.</i>	2004	The effects of traffic on the raccoon dog ( <i>Nyctereutes procyonoides viverrinus</i> ) and other mammals in Japan.
Sillero	2008	Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis.
Smith-Patten <i>et al.</i>	2008	Diversity, seasonality, and context of mammalian roadkills in the southern great plains.
Smith <i>et al.</i>	2005	Roads and Florida's herpetofauna: a review and mitigation case study. In: Amphibians and reptiles : status and conservation in Florida.
Sousa <i>et al.</i>	2009	How do major roads affect barn owls? Distribution, space use, food source and mortality.

資料來源：本計畫整理

### (1) 道路致死影響哺乳類案例

哺乳類為道路致死課題的主要研究對象之一，目前已有相當數量的案例評估了車輛撞擊事件的影響程度，其涵括的物種與區域相當廣泛，例如英國農漁業暨食品部在1980年有記錄西南英格

蘭獾族群的道路致死情形，該研究結果發現獾的道路致死量和交通流量呈現正相關性，並提出高交通量可能會造成相鄰族群間的交流阻隔(Clark *et al.* 1998)。Saeki & Macdonald (2004)則比對日本不同層級(國道、高速公路、省道、街)的道路中，全國的浣熊道路致死數量和道路特徵的關係，發現檢視全國性的資料時，交通流量(車輛數\*公里/年)與道路長度(公里)，浣熊道路致死數量呈現顯著正相關性，而季節、周邊區域的地景差異也會與道路致死率有顯著相關性。在美國奧克拉荷馬州南部大平原，3年間曾有上千筆道路致死紀錄，共涵蓋18種哺乳類，可能的相關因子包含道路鋪面形式、季節變化與物種習性等(Smith-Patten & Patten 2008)。

## (2) 道路致死影響兩棲類案例

由於兩棲類生活史特性，許多種類常因需要繁殖季節時來往於棲息地與繁殖區域間時，受到道路致死效應的影響。加拿大渥太華研究發現每公里死亡和存活的兩棲類數量會隨著交通密度的上升而下降(負相關)，顯示道路對族群密度有顯著的負面影響(Fahrig *et al.* 1995)。丹麥多士蘭半島的研究進一步發現，當地6種兩棲類道路致死機率隨車流量增加而提升，部份種類每年路致死數量可達族群量10%以上(Hels & Buchwald 2001)。

歐陸亦有不少相關研究證實，例如西班牙莎菴曼卡(Salamanca)在2年間，蒐集1,380公里鄉村道路上的兩棲類道路致死，共記錄14種兩棲類(10種無尾目與4種有尾目)，計算出52處道路致死熱點，死亡個體多為雌性成體，並建議設置相關道路改善對策(Sillero 2008)。法國西部旺代省在6年間，於交通流量較低的道路上研究兩棲類道路致死，發現道路致死好發季節大部分均與遷徙活動相關，路旁棲地環境(如林地、濕地或城市、單一作物栽培農場)亦與道路致死發生機率有顯著相關性，而有趣的是交通流量與道路致死程度並未發現有顯著相關性，在遷徙距離上則與道路致死有顯著相關(Meek 2012)。

## (3) 道路致死影響爬行類案例

於地面活動的爬行類動物，同為遭受道路致死影響的主要動

物類群之一。法國南部高速公路橫越最大的赫曼陸龜族群核心區域，使該區陸龜族群受到嚴重威脅。在政府單位設置相關保育措施如後，其道路致死率有顯著降低，監測作業也證實該區赫曼陸龜成年族群穩定，並確實使用涵洞及隧道(Guyot & Clobert 1997)。

美國印地安納州研究道路致死風險會因物種習性而有相當差異，如漫遊陸棲性的水蛇道路致死率為定居水棲性的水蛇數倍以上；此外模擬水蛇移動路線結果的研究也預測道路致死主要發生在遷徙時期，並指出僅關注溼地本身的保育策略並不足以保護濕地生物多樣性(Roe *et al.* 2006)。在愛德荷州東南部的上蛇河平原(Upper Snake River Plain)，則有研究蒐集了年183公里長道路上6個月間的蛇類道路致死資料，死亡個體主要為成體，且以雄性略多(64%)，路旁植被覆蓋度、岩石堆以及棲息洞穴的距離等棲地則與道路致死發生機率有相關性(Jochimsen 2005)。另外，美國的布蘭丁龜(Blanding's turtle *Emydoidea blandingii*，又譯流星澤龜)也是受道路致死威脅的種類之一，藉由整合緬因州各調查提出道路致死變化與族群動態，提出布蘭丁龜的高道路致死風險時期，並建議以季節為考量的保育對策(例如交通管理與警示號誌，Beaudry & Demaynadier 2010)。

在加拿大安大略省喬治亞灣區域，有針對二級道路進行2年研究，利用地理資訊系統與多變數分析評估爬行類與地景因子間關聯性，提出各類群的道路致死高風險時期，並分析可能影響爬行類道路致死的因子，包含有離喬治亞灣距離、道路、建物、交叉路口、離濕地距離、與溪流交會處等，並建議上述因子應在路網擴增規劃時優先被考量(MacKinnon *et al.* 2005)。

#### (4) 道路致死影響鳥類案例

鳥類因為具有飛行能力，較少受到道路致死或阻隔的影響。然而有許多案例證實，道路致死對鳥類的影響。另外在蒙大拿州立大學提供黃石至育空之間生態區域的鳥類與道路課題回顧文獻中指出，北美洲已證實道路致死造成族群縮減的鳥種包含佛羅里達灌叢鴉(Florida Scrub-Jay, *Aphelocoma coerulescens*)、鳳頭卡拉鷹 (Audubon's Crested Caracara, *Caracara cheriway*)、夏威夷鵝

(Hawaiian Goose, *Branta Sandvicensis*) 等物種 (Kociolek & Clevenger 2009)。

此外，猛禽也同樣會受道路致死影響。如Gomes *et al.* (2009) 即發現含棲地品質、人為建物、路旁植群密度等均與鴟鵂科道路致死程度有所關聯，並評估道路致死熱點與建議減輕措施位置。在(Jacobson 2005)中也回顧多篇文獻，提出包含鴟鵂科鳥類(如大角鴉、短耳鴉)或其他食腐性猛禽會因靠近道路覓食時遭撞擊致死。在葡萄牙有進一步針對倉鴉研究道路致死因子對其族群的影響，分析道路致死可能因子後發現，距道路的距離是最具影響力的因子。以無線電發報器來追蹤空間利用型態及通過公路的頻率，發現倉鴉的行動會受到公路直線分布的影響(Sousa *et al.* 2009)。

#### (5) 破碎化與棲地阻隔效應研究

除上述道路致死影響的確實案例外，道路阻礙動物移動的效應雖然較不明顯，仍有許多研究指出動物族群棲地受道路切割而破碎化的現象，分布橫跨多個動物分類，包含小型哺乳類、大型哺乳類、森林下層鳥類、昆蟲和爬行類等，會因阻斷外來族群個體移入，造成區域性族群滅絕。(Develey & Stouffer 2001; Johnson & Collinge 2004; Nellemann *et al.* 2001; Oxley *et al.* 1974; Smith *et al.* 2005)。除此之外，若道路跨越溪流環境時的涵洞設計不當，也同樣會造成水域生態系統的危機，例如美國東北部康乃狄克流域為調查地點的研究指出，涵洞造成的物理性阻隔使溪流的物種面臨地破碎化的危機，使野生北美溪鱒(brook trout)在當地或整個流域範疇將要瀕臨絕種(Nislow 2009)。

### 2.2.2 探討影響道路致死因子案例

當道路致死對野生動物族群所造成的影響以及其他層面的負面效應(如交通安全)的案例經過確認後，研究者亦在許多研究中分析促成道路致死發生，或是會提高機率的因子，並嘗試預測、評估可能發生道路致死的熱點區塊，以回饋至改善對策與未來交通政策研擬層面上。本計畫所蒐集之文獻中，主題較為相關者如表2.2.2-1所示，並敘

述摘要如下。

表 2.2.2-1 探討影響道路致死發生因子案例

作者	年份	主題
Bailey	2010	Connecting Animal/Vehicle Collisions to Highway Size, Speed Limits, Traffic Volumes, & Wildlife Corridors
Charry <i>et al.</i>	2009	Traffic volume as a primary road characteristic impacting wildlife: a tool for land use and transportation planning.
Clevenger <i>et al.</i>	2003	Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations.
Clevenger <i>et al.</i>	2005	Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals.
Vokurka <i>et al.</i>	2008	Relating Vehicle-Wildlife Crashes to Road Reconstruction.
Wang <i>et al.</i>	2010	Identifying High Risk Locations of Animal-Vehicle Collisions on Washington State Highways.

資料來源：本計畫彙整

#### (1) 道路設計與車輛撞擊動物風險

美國科羅拉多州巡邏警察及交通運輸部門長期以來有記錄車輛與大型野生動物撞擊事件的意外事故報告，研究結果發現，車速、高速公路類型、車流量及動物生態廊道對動物/車輛撞擊發生具有關聯性，尤以交通量影響甚鉅。而有無設置生態廊道也會影響動物道路致死數量(Bailey 2010)。在美國懷俄明州及洛磯山西部，亦有研究學者收集動物撞擊紀錄、流量數據、野生動物資料及車速資料，發現重建路段改善設計對動物/車輛撞擊率的減輕具有良好成效，特別是速限設置部分(Vokurka & Young 2008)。在華盛頓州高速公路的動物車輛撞擊風險地點研究中結果則提出道路中線較寬廣時，可能降低動物穿越道路的意願與被撞擊的機率；另一組模式顯示限制車速、道路使用控管和路段長度則和動物-車輛撞擊事件具有顯著關聯性(Wang *et al.* 2010)。

#### (2) 道路致死點位的空間分布模式與動物棲息環境相關性

加拿大艾伯塔波河谷(Bow River Valley, Alberta)，曾經檢測空間分布模式和地景因子對小型脊椎動物道路致死的影響。其中車流量、道路配置和鄰近地景屬性皆為影響顯著因子，而哺乳類和鳥類道路的致死程度在車流較低的景觀道路高於車速快而流量大的加拿大高速公路，推測其原因可能是動物會傾向遠離干擾

較大的高速公路(Clevenger *et al.* 2003)。此外，道路致死發生地點常為群聚分布，而非隨機或平均分布模式，道路致死群聚地點常發生於接近植被覆蓋且遠離野生動物通道及涵洞的地點。其中道路類型、棲地型態、海拔高度(負相關)、與城市的距離(負相關)、高架道路皆與道路致死機率有相關性(Clevenger 2005)。華盛頓州交通部門曾進行研究，利用統計模式鑑定各因子對動物車輛撞擊事件的影響發現，較重要的因子包括：動物棲息區域、行車速限(當車輛時速高於50哩/小時)(Wang *et al.* 2010)。

### (3) 車流量影響道路致死的案例回顧

Charry & Jones (2009)回顧了近年研究道路致死對野生動物影響的文獻，提出車流量常為各研究案例中，影響野生動物道路致死程度的重要共通因子。因此，該研究中即設計根據車流量評估野生動物道路致死風險的模式(Traffic Volume Wildlife Tool)，依據鳥類、哺乳類、兩棲類與爬行類等各動物類群受交通流量影響的不同潛在風險程度，評估各動物類群道路致死風險極大值時的車流量。模擬結果顯示，道路所在位置及車流量，是兩個影響野生動物道路致死程度最重要的因子。

## 2.3 道路致死紀錄蒐集與累積資料運用案例

擁有完善的調查或監測計畫以記錄道路致死減輕措施設置前後的資料，方能在是否進行改善措施規劃設計、確認減輕措施是否能持續發揮效益，以及未來改善的依據等層面上，提供相關單位評估與參考的根據。本計畫即蒐集包含道路致死調查作業規劃、資料蒐集系統建置、道路致死資料運用等相關的案例如表2.3-1所示，並將各案例摘要說明其內容如後。

表 2.3-1 道路致死紀錄蒐集與累積資料進行運用的案例

作者	年份	主題
Ament <i>et al.</i>	2007	Roadkill Observation Collection System (ROCS)
Huijser <i>et al.</i>	2007	Wildlife-Vehicle Collision and Crossing Mitigation Measures: a Toolbox for the Montana Department of Transportation
Kociolek <i>et al.</i>	2009	Motorists as citizen scientists: the benefits of a wildlife reporting website.
Langen	2009	Predictive models of herpetofauna road mortality hotspots in extensive road networks: Three approaches and a general procedure for creating hotspot models that are useful for environmental managers.
Lee <i>et al.</i>	2009	Road watch in the pass: Web-based citizen involvement in wildlife data collection.
Rogers <i>et al.</i>	2009	Wildlife tunnels under a busy, suburban Boston roadway.
Seiler	2005	Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden.
Seiler <i>et al.</i>	2009	Are non-wildlife passes effective passages for wildlife?
Shilling <i>et al.</i>	2010	California Roadkill Observation System.
Smith	1999	Identification and prioritization of ecological interface zones on state highways in Florida.

資料來源：本計畫整理

### 2.3.1 道路致死紀錄蒐集系統案例

#### (1) 加州大學戴維斯分校環境資訊中心建置監測網站

加州大學戴維斯分校環境資訊中心(Information Center for the Environment, ICE)所建置的加州道路致死監測網站，為道路致死課題領域中較為著名的資訊蒐集系統。其為加州第一個以州為資料蒐集規模的網站，提供一般民眾回報與上傳道路致死個體紀錄，可上傳資訊包含動物種類、發現的時間與地點、發現數量、照片與其他資訊，以彙集加州所有道路致死的資訊。除了蒐集道路致死紀錄外，目前該系統亦嘗試將民眾所上傳資料與已知動物移動、遷徙路徑進行比對，利用地理資訊系統建置模式，以評估道路致死影響程度，與提供減輕對策。另外，Shilling *et al.*(2010)回顧了該系統所蒐集的動物道路致死回報資料後指出，由於進行記錄或回報的單位或人員習慣不一，各方所提供的資料精確度常有很大差異。

#### (2) 調查人員、道路維護工作人員與學術單位道路致死回報系統

蒙大拿州立大學西部運輸研究所(Western Transportation Institute at Montana State University, WTI)、維吉尼亞州交通運輸研究委員會(Virginia Transportation Research Council)與華盛頓州

政府運輸部門 (Washington State Department of Transportation) 共同合作執行計畫，發展動物-車輛撞擊(animal-vehicle collision) 資訊蒐集的「概念驗證(proof-of-concept, POC, 為驗證概念可行性而發展的原型)」系統，使資料蒐集流程能得以標準化。目前該計畫已成功結合掌上型電腦(PDA)與全球衛星定位系統(GPS)的硬體設備與微型應用程式(APP)等工具，提供給道路維護工作人員、生物學術機構或其他科學家進行使用。該計畫目標亦包含研發單一平臺的伺服器系統，以提供州際、區域性或全國的系統性應用，包含以單一伺服器提供資料上傳、設計供不同類群使用者下載的應用軟體，以及建置道路致死紀錄蒐集系統(Roadkill Observation Collection System, ROCS)與其他溝通軟體，以收集相關的關鍵空間資訊(Ament *et al.* 2007)。

(3) 提供民眾回報道路致死資料輸入網站

美國西部交通局(Western Transportation Institute)，亦有設計野生動物資訊回報網站，提供一般民眾自行輸入野生動物調查或是道路致死的相關紀錄。該計畫與全民科學調查資料可以匯入中央道路致死資料庫，同時也包含道路旁野生動物監測紀錄。此外，野生動物回報網站的設計亦成為當地社團參與相關課題的平臺。預針對野生動物道路致死進行改善時，該網站可協助提供改善措施規劃、設計所需要的資料(Kociolek *et al.* 2009)。

(4) 以網站平台方式提供民眾參與野生動物資料蒐集的管道

欲設置良好的道路致死改善措施，需要即時且精準的野生動物移動模式資料，然而以專業的長期生態監測計畫在人力與經費上需求甚大，也可能使在地居民具備的知識與參與機會邊緣化。基於此項課題，米斯塔克斯研究機構(加拿大卡爾加里大學(University of Calgary)附屬非營利單位)即建置以在地社群為基礎的生態監測網絡，以蒐集民眾回報野生動物資料的網站形式，關注洛磯山脈(Rocky Mountains)鴨巢隘口(Crowsnest Pass)的生態與交通議題，整合研究單位、志願在地居民與決策部門。目前該系統自2004年後，已有超過70名志願者參與，並累積4000筆以上的動物紀錄回報，蒐集累積的資料亦已作為設置野生動物保護廊道

及土地利用規劃的依據。然而該系統仍有部分課題需要克服，包含如何吸引其他民眾參與、維繫志願者熱情、提升回報資訊的精確程度、以及利用學者和民眾的意見反饋來改善調查方法等(Lee *et al.* 2009)。

### 2.3.2 道路致死資料蒐集運用案例

#### (1) 車輛撞擊麋鹿事故的資料分析

在瑞典警方紀錄中，平均每年有將近4,500的車輛撞擊麋鹿意外，以及10~15名人員傷亡。研究人員蒐集了包含遙測地景、道路與交通統計數據在內等資料，運用邏輯回歸分析模式，評估麋鹿的道路致死點位分布模式。該研究發現交通量、行車速度與路旁圍欄出現與否，是影響車輛撞擊麋鹿事件發生風險的主要因子，上述因子綜合可解釋了72.7%的撞擊意外事件。而在檢視比較不同層級的道路時，研究亦發現森林覆蓋區域的數量與距離、道路與森林邊緣交會區域的密度、私人道路出現與否、由狩獵統計推估數據推估的麋鹿豐富度等因子，在實驗組區域與對照組區域均呈現顯著的差異。研究人員經過設計程式模擬撞擊風險後，建議相關單位可參考降低行車速率、設置道路圍籬、增加路旁視野開闊空間等措施，以改善麋鹿與車輛的撞擊意外(Seiler 2005)。

#### (2) 美國國家學院交通運輸研究委員會國家高速公路合作研究計畫

美國國家學院交通運輸研究委員會(Transportation Research Board of The National Academies)在國家高速公路合作研究計畫的第二階段研究成果提出(第一階段成果已摘要於2.3節中)，道路致死紀錄的點位精確程度變化，會使地理資訊系統模式統計結果產生顯著差異，並影響分析結果內是否能反應生物意義的疑慮。而這些因資料品質而產生的誤差，則會影響交通運輸部門與資源管理單位改善車輛撞擊野生動物及增進交通安全的決策參考依據。因此，車輛撞擊野生動物資料的精準度，為新闢道路規劃與設計階段的關鍵資料。藉由使用熱點分析工具以釐清車輛撞擊野生動物的技術，證實撞擊熱點在空間上並非隨機分布，而呈現群聚分布的模式。相關熱點資料，則可協助交通管理單位改善行車

安全與野生動物棲地連結度(Huijser *et al.* 2007)。

(3) 利用地理資訊系統評估道路致死對生態衝擊程度

美國佛羅里達州已有研究單位利用地理資訊系統進行整體生態衝擊評估，以及評估設置野生動物通道考量的優先順位。納入考量的11項因子包含(a)長期或習慣性的道路致死紀錄地點(b)已知動物遷徙/活動路徑(c)目標種的分布熱點(d)地景連結程度(如經過設計的綠色路徑)(e)是否有保育類物種出現(f)策略性棲地保育區域(g)濱河廊道(既有排水設施具有改善可能性)(h)核心保育區(i)物種生態資源需求被切割的區塊(如兩棲類的森林棲息地和繁殖的濕地區域被高速公路切割時)(j)隸屬公有地權(或在公有地徵收計畫中)或是私有地籍(k)具有納入道路改善工程的可能性時。一般而言，具有設置動物廊道潛力的地點包含具有高度連結性的區域、鄰近重要保留區的區域、當物種在不同季節所需求的棲地類型被切割時(包含依賴水域棲息的兩棲類或爬行類，具有遷徙習性的大型哺乳類動物)(Smith 1999)。

(4) 兩棲類與爬行類的道路致死熱點分析方式探討

在2009年交通與運輸生態研討會中，Langen (2009)針對兩棲爬行類道路致死課題，該研究回顧了三種利用道路致死資料建構主要熱點模式的方法：(a)調查族群活動移動及分布最頻繁的區段，以評估進行道路致死改善措施(b)利用點穿越調查法(Point-transect surveys)估計生物數量密度或生物母體總數，在較短的特定路段密集記錄動物屍體的分布(通常選擇有較密集道路致死動物的路段進行)(c)一般性道路致死動物調查，通常適用於調查體型較大、觀測者在車上就能發現目標物種，且致死密度較低、長度較長的路段。以上三種熱點模式分析分別適用於不同環境條件。然而目前針對兩棲類道路致死進行模式建構的案例遠少哺乳類，是未來可加強的重點。

## 2.4 道路致死改善措施評估案例

實際設置道路致死改善措施前，能充分掌握資訊並有適切的評估

流程，是改善措施效益能否發揮的關鍵。此外，道路致死改善措施建置前的評估作業中，也是整合生態及工程領域思維與及執行考量的重要平臺。爰此，本計畫即蒐集包含國外交通部門與生態領域共同合作提出的道路致死改善評估與操作案例，供本計畫後續執行參考與相關單位參考。目前已蒐集文獻如表2.4-1所示，並摘要如後。

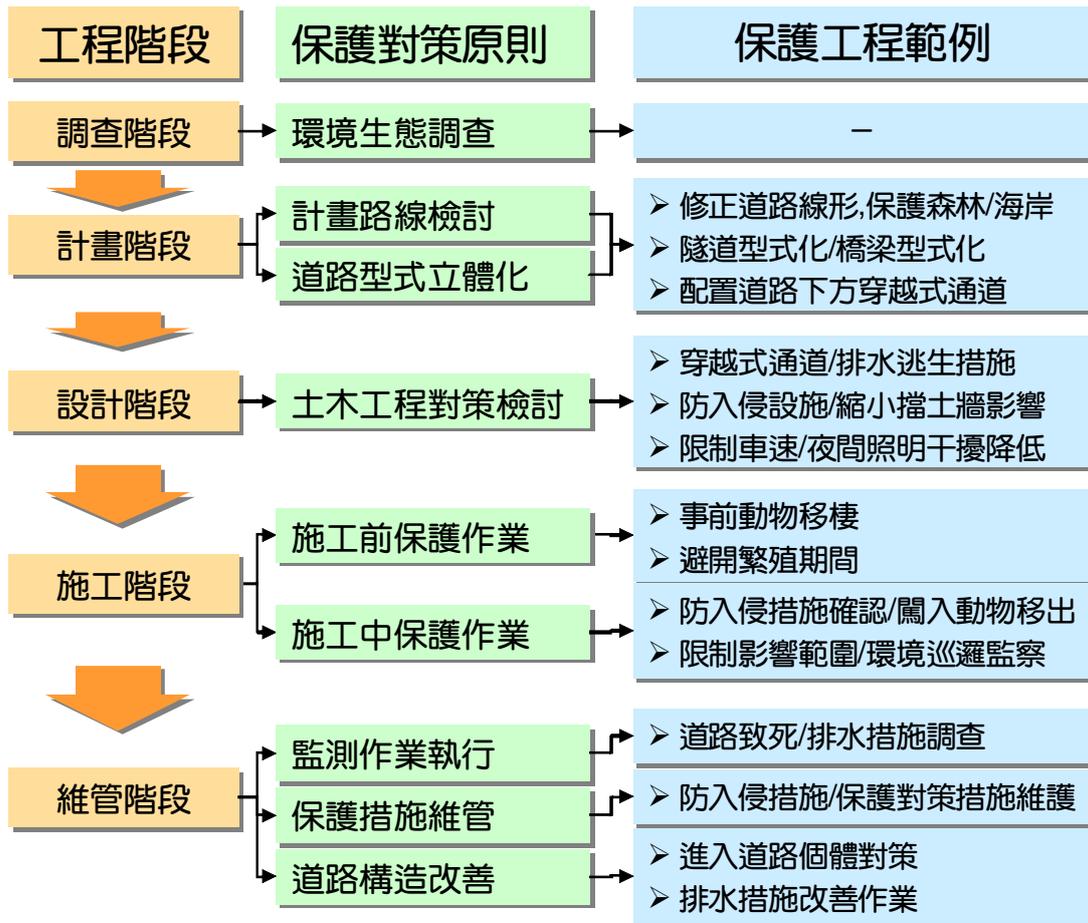
表 2.4-1 道路致死改措施評估案例

作者	年份	主題
Anderson	2005	Highway crossing structures for metropolitan Portland's Wildlife.
Clevenger <i>et al.</i>	2009	Handbook for Design and Evaluation of Wildlife Crossing Structures in North America.
Gunson <i>et al.</i>	2009	Incorporating road-mortality hotspot modeling and connectivity analyses into road mitigation planning in Ontario, Canada.
Huijser <i>et al.</i>	2007	Wildlife-Vehicle Collision and Crossing Mitigation Measures: a Toolbox for the Montana Department of Transportation
Magnus	2006	Wildlife Roadkill Mitigation Information Kit: A Guide for Local Government and Land Managers.
Meese <i>et al.</i>	2007	Wildlife Crossings Guidance Manual. California Department of Transportation.
van der Grift <i>et al.</i>	2009b	Restoring ecological networks across transport corridors in Bulgaria, 552-566.
北部国道事務所	2008	小動物保全対策の手引き（案）

資料來源：本計畫整理

### (1) 沖繩的小動物保護對策指南

沖繩北部國道位於被稱為「山原」的地區，森林繁密而自然資源豐富。沖繩綜合事務局北部國道事務所希望能將生態構想融入道路工程階段考量，以取得公共工程與生態保育的平衡點，及依據沖繩地區生態環境特性，針對陸域小型動物的道路致死課題，彙整相關資訊並依據工程各階段特性提出(a)應注意項目 (b)應執行之生態作業 (c)建議執行改善對策 (d)既有設計案例等，供相關單位進行參考(圖2.4-1) (北部国道事務所 2008)。相較於美洲研究案例中主要道路致死課題探討對象常為大型哺乳動物，沖繩保護指南以地面活動與小型動物為主，與本案調查結果較為相似；且在工程設計階段、道路類型上，沖繩地區道路建設規模亦與本案山區林道較為接近，因此具相當的參考價值。



資料來源：重繪自(北部国道事務所 2008)

圖 2.4-1 道路工程各階段應注意之生態課題與建議對策

(2) 安大略省道路致死發生路段改善之優先順序評估系統

加拿大安大略省當地多種瀕臨絕種或具有重要生態性龜種，受到道路致死風險的威脅。因此，該研究由政府單位、科學家、教育者、交通運輸計畫部門與非政府組織等共同組成的安大略道路生態團體(Ontario Road Ecology Group，OREG)組織，發起協助改善道路生態課題的行動。在該研究報告中，首先依據各路段野生動物的道路致死的發生情形，發展所需要的棲地適合度指標(Habitat Suitability Index)及道路致死熱點分布模式(Road hotspot model)，與具有生態重要性、瀕臨絕種的物種棲地圖層進行套疊，以評估並指出應優先設置涵洞或隧道等動物通道的道路致死發生路段(Gunson *et al.* 2009)。

(3) 將社會經濟與生態保育因子納入道路改善規劃作業

保加利亞的道路建設工程，與國內環境類似，常有同時面臨政治與社會經濟要求、以及來自生態保育單位期望的壓力。為使道路工程能與生態環境保護取得折衝，研究人員調查現有道路致死情形，以其找出道路對於野生動物族群的最有危害影響的區段，以及可能的解決辦法。本研究首先選擇出代表主要生態系環境的12種指標物種，建立其棲地面積需求與活動能力的關係，並以地理資訊系統分析並釐清敏感的區域位置。對於各物種間重要性的評比以及以應改善的路段的優先順去，則彙集專家意見以進行決定，並規劃適用於指標物種類群的動物通道(van der Grift *et al.* 2009b)。

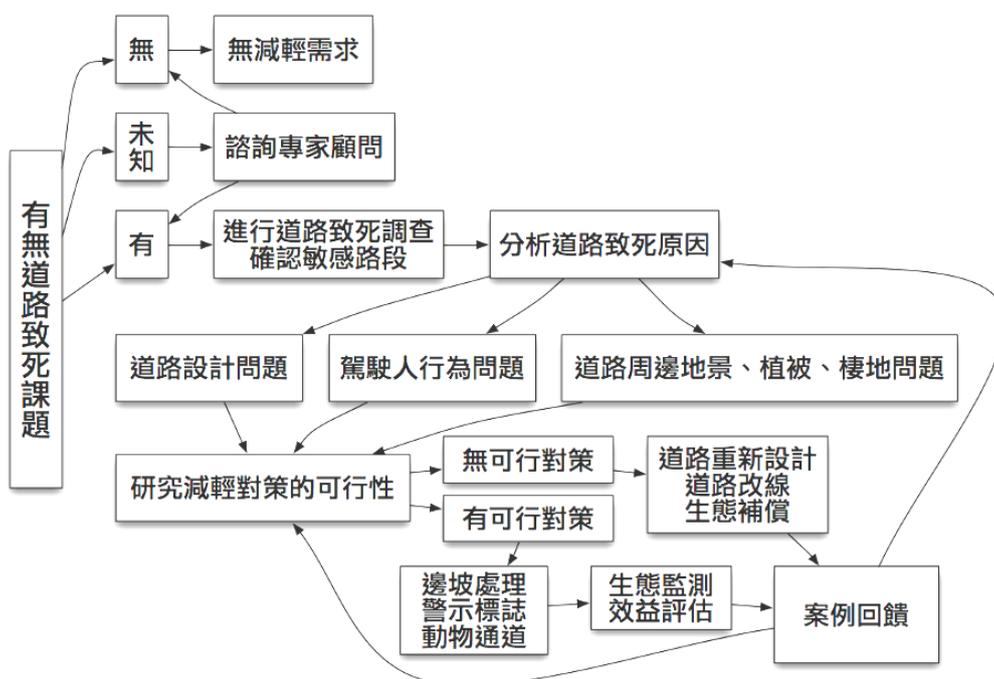
(4) 道路致死改善措施的前置計畫

該計畫為美國漁業及野生動物署與波特蘭州立大學共同合作進行，主要目標為重新建構俄勒岡州波特蘭市的野生動物穿越通道，改善目前受道路切割影響而破碎化的棲地，藉由設置野生動物移動廊道，最終期望能對生物多樣性有所助益。該計畫主要包含3個階段操作：(a)鑑定車輛撞擊鹿隻事件的發生熱點，作為穿越通道的潛在設置區域(b)製作操作指南，提供交通規劃單位將野生動物穿越設施納入道路工程的規劃程序之中(c)利用調查計畫與撞擊事件所回報的資訊，研擬預測車輛撞擊鹿隻發生熱點的模式工具，以協助未來在計畫區域內規劃道路位置與型式的作業。另外，該計畫亦建議所有的道路維護管理單位，應蒐集並儲存動物屍體撿拾紀錄(包含以衛星定位系統標定屍體撿拾位置的座標)並保留動物在棲地的各區塊間移動時所使用的路徑，以減輕棲地破碎化帶來的負面影響(Anderson 2005)。

(5) 野生動物道路致死改善措施：資訊運用

在澳洲南方島嶼塔斯馬尼亞(Tasmania)上，因為車輛載具造成當地野生動物死亡的課題，對觀光產業、行車安全與生態保育等層面所造成的負面影響逐漸加重，因此塔斯馬尼亞環境中心(Tasmanian environment centre Inc., 非營利組織)即製作本操作手冊，提供相關單位參考，以改善相關課題。該操作手冊列舉了塔

斯馬尼亞上道路致死課題所造成的各種已知負面效應，包含在地居民與觀光客的負面感受、遊憩旅程負面衝擊、野生動物觀光產業直接負面影響、駕駛安全、道路致死數量過多造成區域性物種滅絕風險、倫理層面衝擊與公眾觀感等。在操作手冊中即對道路設計、駕駛行為與路邊附屬單位三項主要影響道路致死因子提出相關建議，包含提供政府或私人部門發展道路致死改善行動方針、評估與設置道路致死改善措施流程(圖2.4-2)、針對不同狀況可利用的改善措施概述，以及釐清道路致死熱點並評估優先處理順序的方式等(Magnus 2006)。



重繪自 Wildlife Roadkill Mitigation: Information Kit(Magnus 2006)

圖 2.4-2 評估與設置道路致死改善措施流程

### (6) 野生動物通道指南

該指南為加州交通運輸部門所委託製作，主要目的為提供生物學者、環境規劃單位、交通運輸規劃單位以及工程師參考，期使各相關單位能共同致力於降低加州高速公路等公共建設對於生態環境的衝擊，並同時提升民眾的行車安全。對於野生動物通道的從規劃、設計、施工到維護管理的生命週期，該指南提出操

作程序應包含(a)確認野生動物通道衝突議題與交通計畫有所聯結(b)確認計畫範圍內是否有特殊的野生動物或棲地類型分布(c)對於可能受計畫衝擊的野生動物物種，應收集資料驗證其出現與移動模式(d)利用資料評估與推斷可能衝擊因子與程度(f)選擇有效的迴避、縮小或補償策略(g)評估改善措施效益(Meese *et al.* 2007)。

(7) 北美野生動物通道設計與評估手冊

該手冊內容包含設置野生動物通道時，在計畫階段、設計階段與成效評估等階段，野生動物通道與相關附屬設施(如圍籬、閘門)的工程技術指南，以提供野生動物穿越道路時的安全移動路徑，並提升民眾行車安全。而動物通道設置的各階段應執行作業包含田野資料的取得與蒐集、建置道路致死點位空間分布模式以協助建立動物通道選址的操作原則、動物通道設計應注意事項、監測計畫擬定方式、各動物類群可參考的合適道路致死改善措施類型 (圖2.4-3)，以及總操作流程決策方式等。該手冊亦逐步說明如何根據目標物種特性考量，將相關資訊運用於野生動物通道的設計選擇中(提供11種不同類型的參考通道型式，包含範圍由地景尺度的橋梁配置到兩棲類通道)，並納入棲地品質與地形考量(Clevenger & Huijser 2009)。

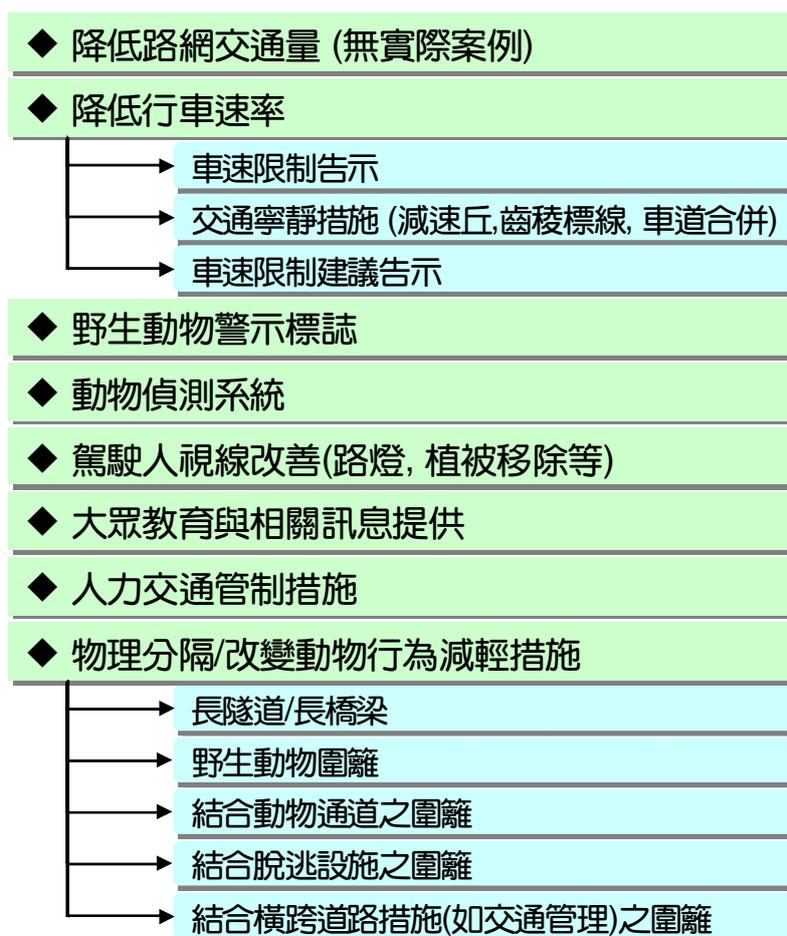
目標 促進棲地與動物族群連接		目標 增進行車安全與減少車輛撞擊動物		
跨越式通道	穿越式通道	特殊措施	棲地調整	既有結構改善
<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 景觀橋</li> <li>➢ 跨越式通道</li> <li>➢ 多用途跨越通道</li> <li>➢ 樹冠通道</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 高架橋或跨越橋</li> <li>➢ 大型哺乳類穿越通道</li> <li>➢ 穿越通道結合排水設施</li> <li>➢ 中小型哺乳類穿越通道</li> <li>➢ 改良式排水通道</li> <li>➢ 兩爬通道</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 大型動物圍籬</li> <li>➢ 中小型脊椎動物圍籬</li> <li>➢ 圍欄出口與脫逃設施</li> <li>➢ 告示</li> <li>➢ 動物-載具偵測系統</li> <li>➢ 降低車速</li> <li>➢ 照明</li> <li>➢ 反光標式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 棲地與通行權管理</li> <li>➢ 中止餵食</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 改善道路結構設施(圍籬、截流溝、護欄)提供動物移動</li> <li>➢ 增加中央安全島寬度</li> </ul>

圖片來源：重繪自(Clevenger & Huijser 2009)

圖 2.4-3 不同道路致死改善目標與可參考之改善措施類型

(8) 野生動物通道建置、使用與效益評估計畫

該案例為美國國家學院交通運輸研究委員會(Transportation Research Board of The National Academies)的國家高速公路合作研究計畫成果，內容為野生動物通道各生命週期的建議執行工作與評估流程，包含從選址到規劃設計、監測計畫、維護管理等作業指南等部分。該計畫目前進行至第一階段，所產出主要建議指南包含(a)在美國交通運輸部(Department of Transportation, DOT)的道路工程可行性研究、規劃與設計階段初期即將野生動物道路致死課題納入作業程序考量中(b)應對動物利用道路致死改善措施的情形(如可發揮功能或無效益的型式)有良好瞭解，並宣傳相關資訊(c)可同時整合與利用數種動物友善的改善方式，如結合野生動物通道、圍籬、逃生坡道之設計，而非僅依賴單一型式措施(d)利用保育計畫成果，在道路可行性/規劃/設計作業程序中，告知運輸部門道路致死改善措施應設置的地點與可發揮效用的型式(圖2.4-4)(e)發展具可供選擇，具有不同成本-效益的野生動物通道設計藍圖，以及其用以設計的原則(Huijser *et al.* 2007)。



資料來源：整理自 (Huijser *et al.* 2007)

圖 2.4-4 美國各類改善措施既有案例

## 2.5 道路致死改善對策/設計案例

針對不同動物類群、不同道路形式或棲地環境、不同道路致死發生影響因子的課題，較為適合的課題改善對策也需要因地制宜的型式設計。因此本計畫蒐集國外研究、報告與研討會中，探討已發生道路致死課題或可能具有潛在風險時，提出注意事項或具有實際操作案例的文獻，以作為本季計畫參考。所蒐集相關文獻如表2.5-1所列，並摘要敘述內容如後。

表 2.5-1 道路致死改善對策/設計案例

作者	年份	主題
Bekker <i>et al.</i>	2009	Effectiveness of mitigation measures to reduce road mortality in the Netherlands: Badger Meles Meles
Cavallaro <i>et al.</i>	2005	Designing Road Crossings for Safe Wildlife Passage: Ventura County Guidelines.
Clevenger <i>et al.</i>	2001	Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals.
Clevenger <i>et al.</i>	2000	Factors Influencing the Effectiveness of Wildlife Underpasses in Banff National Park.
Department AGaF	2006	Guidelines for Culvert Construction to Accommodate Fish & Wildlife Movement and Passage.
Department AGaF	2008	Guidelines for Bridge Construction or Maintenance to Accommodate Fish & Wildlife Movement and Passage.
Dodd <i>et al.</i>	2004	Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida
Gartshore <i>et al.</i>	2009	Long point world biosphere reserve causeway improvement plan, Port Rowan Ontario: Benefits for wildlife movement, species at risk, traffic and pedestrian safety
Frantz <i>et al.</i>	2009	JUDD Road connector: Lessons learned in ecological mitigation-wildlife crossings, habitat reservation, wetlands and more
Hagood	2009	Reduction road-based habitat fragmentation: an eastern box turtle ( <i>Terrapene C. carolina</i> ) pilot projec.
Mata <i>et al.</i>	2003	Effectiveness of wildlife crossing structures and adapted culverts in a highway in Northwest Spain
McDonald <i>et al.</i>	2004	Elements that promote highway crossing structure use by small mammals in Banff National Park.
Meaney <i>et al.</i>	2007	Effectiveness of ledges in culverts for small mammal passage
Sawyer <i>et al.</i>	2005	Pronghorn Roadway Crossings: A Review of Available Information and Potential Options.
Smith	2009	Using specialized tunnels to reduce highway mortality of amphibians. , 583-591.
Soanes <i>et al.</i>	2009	Arboreal mammal use an aerial rope bridge to cross major highway.
van der Grift <i>et al.</i>	2009a	Monitoring wildlife overpass use by amphibians: Do artificially maintained humid conditions enhance crossing rates?

資料來源：本計畫整理

### (1) 動物利用既有道路設施或動物通道穿越道路的案例

目前已有眾多研究指出動物利用道路既有的附屬設施(如排水涵洞、橋梁下方)或是特別為動物設計的通道，來往道路兩側棲地的案例，如美國科羅拉多州富朗區域(Front Range)的道路涵洞，已證實有小型哺乳類利用(Meaney *et al.* 2007)。在佛羅里達州阿拉楚阿郡Paynes Prairie州立保留區所設立的導引設施與涵洞系統，也有各類小型動物利用的紀錄(Dodd *et al.* 2004)。在西

班牙北部加里西亞(Rías Baixas)高速公路上，其並非專為動物設計的穿越道和地下道，也各動物類群利用的紀錄(包含野兔、兩棲類、蛇類、蜥蜴、小型哺乳類、刺蝟、獾、小貂、狐狸與紅鹿等中型哺乳類)，且不同動物類群偏好使用的設施型式具有相當差異(Mata *et al.* 2003)。在荷蘭，以獾與兩棲類為目標物種所設置的動物通道(Bekker & Dekker 2009; Frantz 2009)、加拿大安大略省為改善保留區內爬行類道路致死情形的動物通道(Gartshore *et al.* 2009)，均確實記錄到目標物種利用其穿越道路。在前述文獻回顧作業中，亦有多篇文獻有提到動物成功利用設置之通道安全穿越道路的紀錄(Clevenger *et al.* 2001; Clevenger & Waltho 2000, 2005; Guyot & Clobert 1997; Kleist *et al.* 2007; Smith *et al.* 2005)。

## (2) 懷俄明州叉角羚利用動物通道情形與效益比較評估

在美國懷俄明州案例中，美國漁獵署與西部生態系統技術公司經回顧相關案例後發現，對於叉角羚(Pronghorn, *Antilocapra americana*)而言，結合橋梁而具有寬闊跨距的穿越式通道(underpass, 圖2.5-1)，被叉角羚利用作為穿越道路通道的機率最高，推測主要原因是該類型通道較少阻礙動物視線，因此叉角羚較使用的意願較高。另外，也因橋梁下方通道具有(a)叉角羚利用其穿越道路的證據 (b)與跨越式通道(overpass)相比較，穿越式通道費用、維護與安全考量較良好等優點，因此該研究提出經過適當設計和寬闊跨距的橋梁結構，可有效作為叉角羚的穿越式通道(Sawyer & Rudd 2005)。



圖片來源：Sawyer & Rudd (2005)，西懷俄明州 89/191 公路

圖 2.5-1 西懷俄明州大型哺乳類固定利用的大跨距橋下通道

### (3) 橋梁(涵管)設置或維管階段之魚類及野生動物移動與通道指南

該指南為美國亞利桑那州漁獵局所製作，主要目的為協助橋梁的規劃、設計、施工、維護或修復，以降低對魚類及野生動物活動路徑與蝙蝠棲地的影響。透過釐清該地區物種是否為受威脅、瀕危或州及聯邦機構所關注的物種，以及監測魚類及野生動物活動情形建立基礎資料，可瞭解動物主要的穿越路徑、行為及穿越頻率，做為動物通道設置參考。該指南亦建議在道路規劃時，應盡量減少道路跨越水道的次數，並避免已知具有保育課題的物種在此區活動(Arizona Game and Fish Department 2006, 2008)。

### (4) 加州范杜拉郡指南：提供野生動物安全穿越道路之通道設計

該份指南為加州大學聖塔芭芭拉分校所研擬，目的為協助加州范杜拉郡道路計畫單位在土地取得與適當改善措施可行的前提下，盡量降低道路對野生動物移動的負面衝擊。該報告提供了道路穿越設計結構準則，以提供野生動物安全穿越的通道。該指南各章節提出的重點如下(a)提供降低道路對野生動物移動負面影響的通用設計標準(b)分別針對對五大動物類群(大型哺乳類、中型哺乳類、小型哺乳類、兩棲爬行類、山區爬行類)提出較具

專一性的道路致死影響改善設計標準，以及改善措施在維護、監測、教育、公眾觀感及費用評估上的附加考量(d)提供各種不同構造類型、設計特徵與適用對象的改善措施摘要(Cavallaro *et al.* 2005)。

表 2.5-2 加州范杜拉郡野生動物動物類群道路致死改善措施考量

動物類群	大型哺乳類	中型哺乳類	小型哺乳類	兩棲類/ 水岸爬行類	陸域爬行類
改善措施					
需要改善措施					
維持自然棲地	■	■	■	■	■
人為干擾最小化	■	■	■	■	■
圍籬/通道	■	■	■	■	■
可及性	■	■	■	■	■
高度建議採行措施					
行車速限	□	□	□	□	□
動物穿越設施	□	□	□	□	□
非植生路面	□	□	□	□	□
道路設計結構					
無照明設施	□	□	□	□	□
交通噪音改善	□	□	□	□	□
道路周邊設計					
維持最小照明	□	□	□	□	□
非交通噪音減輕	□	□	□	□	□
動物通道結構形式					
涵管	■	■	□	□	□
箱涵	■	■	□	□	□
橋下穿越道	□	□	■	■	■
跨越式通道	□	□	■	■	■
動物通道結構設計標準					
達最小開闊度比例	■	■	X	X	X
視角	■	X	X	X	X
開口處遮蔽	X	□	■	■	■
達到最小高度	■	■	■	■	■
壁架	■	■	■	■	■
通道底部自然基質	□	□	□	□	□
自然光線	□	□	□	□	□
自然溫度	□	□	□	□	□
濕度	X	X	X	■	X
高設置頻度	X	X	■	■	■
其他考量					
環境教育與推廣	□	□	□	□	□
維持	■	■	■	■	■
監測	■	■	■	■	■

\*符號代表措施設置效益，■：最小需求、□：最佳方案、X：較不具適切性  
重製自(Cavallaro *et al.* 2005)

(5) 加拿大班夫國家公園動物通道使用情形探討

(a) 影響哺乳類利用改善後排水設施通過道路的因子

該研究分析了小型與中型哺乳類利用道路兩旁的改善後涵洞穿越道路的情形，其結果顯示交通流量、噪音等級及道路寬度等因子，皆對動物利用排水設施穿越道路的程度有顯著影響。除此之外，排水設施本身的結構如高度、出入口開放程度、溝渠能見度、出入口周圍植被覆蓋度等因子，對不同物種類群的影響亦有差異。該研究建議，在盡可能將涵洞提供哺乳動物穿越道路的效益最佳化前提下，未來道路設計時，應考量經常疏通涵洞，並提高涵洞入口處的周圍環境植被覆蓋度(Clevenger *et al.* 2001)。

(b) 班夫國家公園內小型哺乳類通道的效益評估

該研究測試加拿大班夫國家公園內三種小型哺乳類(草地野鼠 *Microtus pennsylvanicus*, 鹿鼠 *Peromyscus maniculatus* 與紅背野鼠 *Clethrionomys gapperi*) 使用高速公路下方動物通道的功效。調查結果發現，動物通道尺寸、出入口處植被覆蓋度、與動物活動領域的距離等，為影響小型哺乳類利用動物通道程度的影響因子，而廊道周圍植被覆蓋度可能會影響動物返回廊道的成功機率，且和動物需移動長度有關。該研究結論指出，小型哺乳類通道的入口處需要提供足夠遮蔽度，而通道設置的密度亦為重要因子，在道路的單位長段中若能提高動物通道數量使其較為密集，可提高動物利用機率(McDonald & St Clair 2004)。

(c) 探討影響動物使用動物通道機率的因子

Clevenger & Waltho (2000)測試班夫國家公園內動物通道是否能讓所有大型動物的使用率相似，或是不同的動物通道設計會較具專一性，僅特定物種利用。檢視對象主要為班夫國家公園境內的4種肉食性動物、3種偶蹄類動物，對11座道路下方動物通道的利用反應。研究結果顯示，在有人為活動的情形下，肉食動物的利用動物通道的機率少於偶蹄類

動物。而排除人為活動因素後，肉食性動物使用動物通道的頻率僅和地景因素相關，偶蹄類動物使用動物通道的頻率則和結構變數相關。未來在設計穿越道時，在不需考量人為活動因素時，依據地形、棲地品質和地點等因子進行設計，應發揮設置動物通道最基本的功效。

(6) 維持潮濕環境對吸引兩棲類利用動物通道的效益評估

「Groene Woud」為荷蘭第一座以提供兩棲類動物道路兩側棲地連結為主要目標的跨越式通道。而在設計與維護管理階段，為了能維護對兩棲類而言較合適的環境濕度，即投入相當多努力，例如在通道設置連續分布的水池等設計。為瞭解維持潮濕環境的設計是否確實能吸引兩棲類前來利用，該研究於2006-2008年持續監測通道上乾燥與潮溼部份，兩棲類利用情形是否有差異。結果發現一般氣候下，潮濕的通道部份有顯著增加兩棲類利用跨越式通道的情形。該研究亦指出，已有既有道路切割濕地時，設置此類具有特殊設計的跨越式通道所需要費用，遠小於將道路改建為高架形式以恢復濕地連結的費用。對於濕地的半水棲性動物類群而言，此類將適合環境因子納入設計考量的通道，可作為道路致死改善措施的選項之一。

(7) 架設繩索引道以提供樹棲哺乳類穿越高速公路

澳洲藉由架設懸掛在樹冠層的繩索通道，以連接道路兩側棲地，供樹棲性哺乳類能安全穿越高速公路。此外，研究人員利用無線電追蹤技術與族群基因分析等研究，探討動物族群受到道路阻隔的影響，並以紅外線相機偵測使用通道的動物。目前已確認會使用繩索通道的哺乳類動物包含有：瀕臨絕種的蜜袋鼯 (Squirrel Glider, *Petaurus norfolcensis*)、掃尾袋鼯 (Brush-tailed Phascogale, *Phascogale tapoatafa*)、刷尾負鼠 (Common Brushtail Possum, *Trichosurus vulpecula*)、環尾袋貂 (Common Ringtail Possum, *Pseudocheirus peregrinus*) 等物種 (Soanes & van der Ree 2009)。

(8) 利用圍籬導引方式降低箱龜受道路影響導致的棲地破碎衝擊

美國箱龜(Box turtle)族群數量近年來大量減少，其中最主要的因素為道路致死。母箱龜在產卵前通常需要移動相當的距離以找到合適的產卵點，而移動過程中常有通過既有道路的需求。研究模式顯示在200隻箱龜組成的族群中，只要有3-4隻成年母龜死亡，就會提高當地族群滅亡機率。因此，美國政府交通相關部門即沿著主要道路致死發生路段，建造了長約2.7公里的矽製圍籬，並在中間間隔380公尺及530公尺處建造涵洞，供箱龜得以安全穿越道路。此外，該計畫亦設計相機及感應器偵測，確認箱龜利用圍籬及涵洞的情形(Hagood 2009)。

(9) 於高速公路上設置兩棲類專用通道

在加拿大瓦特頓湖(Waterton Lake)國家公園中，因高速公路切割穿越兩棲類非繁殖期陸域棲地與繁殖期湖邊產卵地點的之中，因此具有嚴重的兩棲類道路致死課題。在2008年，相關人員即建造移動式圍籬，沿道路平行方向布設約500公尺，並於圍籬兩端設置陷阱，讓監測人員可將捕獲的兩棲類進行標記，偵測其移動模式。此外，在圍籬底段也設置穿越道路下方的動物通道，於通道內設置攝影器材以記錄動物利用通道的情形。目前監測結果發現包含長趾蠃螈(long-toed salamander)、虎螈(tiger salamanders)、西方蟾蜍(Western Toad)在內的兩棲類，均有利用沿著圍籬行動並利用通道的情形(Smith 2009)。

## 2.6 國內既有動物通道相關案例初步整理

國內對於道路工程建設與營運階段可能引起的生態環境課題逐漸開始重視，對於道路致死程度的調查與現況瞭解亦逐漸增加。來自於民間團體自發性的關注與資料蒐集行動也逐漸萌生，例如新竹大山背梭德氏赤蛙道路致死課題，即正由新竹荒野保護協會關注中。而行政院農業委員會特有生物研究保育中心爬行類研究室，亦有成立網路社團，由志工回報方式彙集國內道路致死調查資料。目前本計畫所蒐集之道路致死與動物通道相關案例以正式發表或公開之資料為主(表

2.6-1)，後續亦將持續進行補充，其相關內容摘要如下。

表 2.6-1 國內既有動物通道相關案例

作者/發表單位	年份	主題
林德恩等	2007	綠島地區道路殺手效應之研究
許永暉	2010	高速公路鳥類道路致死效應減輕措施評估-以路旁植被及隔音牆為例
許海龍等	2004	九十三年度墾丁國家公園陸蟹產卵生態廊道技術探討
曾榮英	2008	翠峰林道-宜專一線爬行動物車輛輾壓傷害之研究
黃光瀛	2006	陽明山國家公園野生動物穿越道路涵洞微型生態廊道系統
林世強	2009	金門動物車禍調查與分析
林俊聰	2011	臺灣產爬行動物的分布調查-北橫地區路死爬行類種類調查(II)
劉小如等	2008	陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究
交通部臺灣區國道 新建工程局	2007	二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(第一期)
交通部臺灣區國道 新建工程局	2008	二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(第二期)
交通部臺灣區國道 新建工程局	2011	營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫
臺東縣政府	2007	綠島生態資源永續發展計畫：蟹類生態廊道規劃建置
臺東縣政府	2009	綠島蟹類生態廊道建置及監測計畫委託專業服務

資料來源：本計畫整理

## 2.6.1 道路致死調查研究案例

### (1) 綠島蟹類道路致死監測計畫

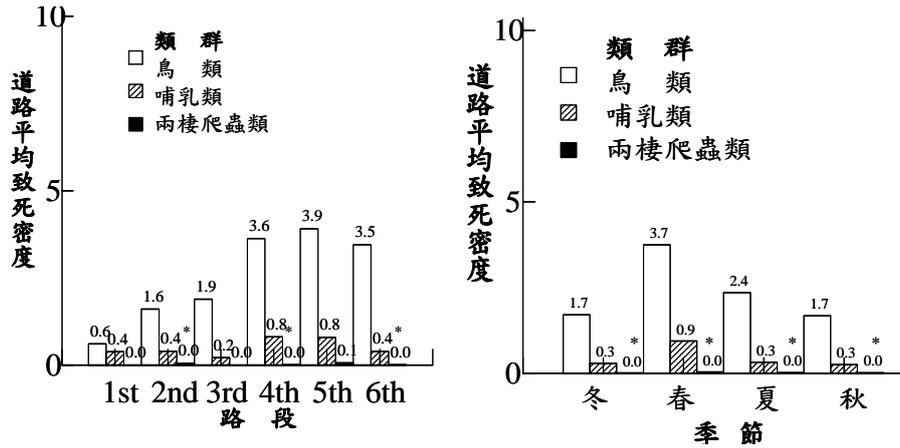
行政院農業委員會特有生物研究保育中心研究人員林德恩與義守大學教授趙仁芳等人曾於94年至95年間，針對綠島環島道路上遭車輛輾壓的動物種類與數量進行調查，分析環島公路上道路致死效應影響的物種類群、空間分布模式、發生高峰季節與時段，其共記錄到3572筆道路致死動物(林德恩等，2007)。而95年臺東縣政府亦綠島蟹類試驗性生態廊道可行性評估、規劃與建置工作，評估蟹類遭輾斃的危險路段4處，發現全島有13處排水設施有蟹類高度利用，可作為生態廊道。95年規劃於燈塔道路設置前驅性設施「試驗性蟹類生態廊道」並進行相關成效監測作業(臺東縣政府，2007)。

### (2) 陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究(劉小如等，2008，陽明山國家公園管理處委託研究報告)

陽明山國家公園地理位置鄰近臺北市都會區，園區內的道路密集且遊客量眾多，因此導致其道路致死問題嚴重。陽明山國家公園管理處在民國84年至95年間進行長期監測釐清熱點並設置數座動物通道。該研究即依據其結果進一步擴大調查與探討道路致死熱點，並提出後續建議。研究發現陽明山國家公園範圍中，以青蛙、蜥蜴與蛇類等兩爬動物受道路致死影響較為嚴重，可能原因包含(a)動物須穿越道路至對面棲地環境，或是(b)柏油路面在白天較能吸收並保留陽光的輻射熱，常較兩側地面溫暖，而爬行類動物傾向停留在柏油路面上以調節體溫以至於發生車禍(Vijayakumar et al. 2001)。研究並建議以隔離網、擋板、既有涵洞或新增動物通道等措施，配合相關研究計畫進行道路致死情形的改善與成效評估。

### (3) 二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究

二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(其後簡稱二高案)由交通部臺灣區國道新建工程局委託辦理，其主要研究目的之一為確認第二高速公路(國道3號)上道路致死效應(Roadkill)之熱點、對象及空間-時間的變異，並檢視道路結構與周邊棲地對此效應之影響。本研究記錄到3,805筆道路致死的動物，其中以鳥類的2,055筆為最多。各類群動物的道路致死密度於不同路段間和不同季節間皆有差異，其中南部路段於春、夏兩季的道路致死密度較高(圖2.6.1-1)。比較各物種類群的資料顯示，鳥類和哺乳類的致死密度分別受到道路周邊棲地和道路結構之影響，鳥類在森林/建築組合比例較低之路段的致死頻率顯著高於在森林/建築組合比例較高之路段；結果顯示，國道3號高速公路所造成的動物車禍傷亡以鳥類為主，道路高架雖能有效改善地面活動動物的傷亡，但具飛行能力的動物如鳥類仍有機會被撞擊(交通部臺灣區國道新建工程局，2007)。



資料來源：二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(第1期)(國工局，2007)

圖 2.6.1-1 不同路段、季節、類群的道路致死分布情形

針對鳥類道路致死的課題，隔音牆與路旁樹籬最常被提及作為改善方案，然國外的實證性研究亦相當缺乏。因此在第二年研究過程中，二高案針對國道3號的平面以及高架路段檢視既有隔音牆(均為3m高，分為單邊及雙邊兩類)以及不同高度的樹籬對於鳥類飛越高度的影響。調查發現優勢鳥種主要為鳩鴿科、麻雀、白頭翁、燕科及兩燕科等。結果顯示當路段有設置雙邊隔音牆時，維持鳥類飛行高度的效果較為顯著，有可能為改善鳥類道路致死的潛在方案。然而即使隔音牆或路旁樹籬存在時，仍不足以使鳥類完全拉升至行車高度(4.5m)之上(圖2.6.1-2) (交通部臺灣區國道新建工程局，2008)。



資料來源：二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(第2期)(國工局，2008)

圖 2.6.1-2 高速公路鳥類撞擊風險區示意

(4) 營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫(交通部臺灣區國道高速公路局，2011)

營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫(以下簡稱國道復育計畫)為交通部臺灣區高速公路局所委託辦理之研究計畫，計畫內容包含探討道路永續發展與環境生態之問題與對策；蒐集、追蹤過去環境影響評估提出之調查及建議，並予以改善；執行調查及監測作業，建置沿線生態資料庫，評定國道沿線生態敏感度等各項工作。其中重要工作項目之一即為道路致死調查(圖2.6.1-3)。98年4月至99年9月間高速公路各工務段清潔人員進行了約17個月的紀錄，回傳豐富的道路致死調查結果。本計畫道路致死調查主要是由清潔人員進行，因此調查紀錄大多以概略性的物種為主，較難判斷至詳細物種；然因許多工務段清潔人員除了協助進行動物遺體調查之外，亦會對較為大型或不易辨認之動物遺體以數位相機進行記錄以提供後續辨識之用。藉由工務段照片的提供能更精確掌握動物道路致死情形，尤以對敏感物種道路致死掌握更為關鍵。



資料來源：營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫(高公局，2011)

圖 2.6.1-3 國道路容清潔人員協助進行道路致死調查

(6) 翠峰林道-宜專一線爬行動物車輛輾壓傷害之研究(曾榮英, 2008)

本團隊曾於96年協助進行宜蘭太平山宜專一線和翠峰林道沿線的動物分布和道路致死調查(圖2.6.1-4)。調查結果發現鳥類43種、哺乳類12種、18種爬行類和9種兩棲類。

道路致死部份有記錄大赤鼯鼠、黃鼠狼、鼬獾、臺灣森鼠、高山白腹鼠等5種哺乳動物，爬行類道路致死記錄較多，包括臺灣標蛇、阿里山龜殼花、白梅花蛇、赤尾青竹絲、臭青公、過山刀、錦蛇、高砂蛇、史丹吉氏斜鱗蛇、兩傘節、臺灣鈍頭蛇、紅斑蛇、麗紋石龍子、印度蜓蜥和呂氏攀蜥等15種。兩棲類道路致死記錄有盤古蟾蜍和莫氏樹蛙。

宜專一線爬行類活動密度為3.69隻次/100公里，道路致死密度為1.94隻次/100公里，翠峰林道爬行類活動密度為2.68隻次/100公里，道路致死密度為1.28隻次/100公里，但保育類爬行以翠峰林道致死密度較高，是宜專一線的2.69倍。翠峰林道的夜間管制措施對部份種類如菊池氏龜殼花有效，但對標蛇效果不佳。

宜專一線道路致死爬行類無明顯熱點，翠峰林道的熱點出現在0k-3k、7.4k-8.6k和15k-16.5k。建議應進行更完整長期的道路致死調查以釐清太平山林道的道路致死情形，現階段建議對翠峰林道遊客車速進行管制，並加強和延長夜間車輛管制時間，遊客應接受道路致死相關教育宣導，於熱點路段則應設置警示標誌並評估動物通道設置的可行性。



圖 2.6.1-4 太平山林道道路致死野生動物

(7) 金門地區動物車禍機率模式實證研究(林世強等，2006)

本團隊生態專業顧問林世強於94年至95年研究金門動物車禍情形，發現主要控制因素為「車流量」和「路況」，高車流量會有較高的野生動物道路致死率，車速雖與道路致死率有關，但相同車流量下，車速越高，道路致死發生率卻越低。此外，道路兩側行道樹、地景和縱向坡度等亦會影響野生動物穿越道路的成功率。

(8) 九十三年度墾丁國家公園陸蟹產卵生態廊道技術探討(許海龍等，2004)

研究發現毛足圓盤蟹抱卵雌蟹在高濕度的氣候條件下，會於

日落後的1小時至1小時30分內大量穿越臺26線屏鵝公路至海邊釋放卵塊，因此會發生大量的道路致死情形。建議利用隧道形式的結構物原理，建置毛足圓盤蟹生態通道。

(9) 臺灣產爬行動物的分布調查-北橫地區道路致死爬行類種類調查(II)(林俊聰，2011)

該調查以沿路邊徒步觀察的方式進行，調查範圍由臺7線里程21公里處羅浮橋頭至62公里的巴陵隧道口段處之間的道路及兩旁路肩進行，記錄兩棲類與爬行類道路致死個體種類與數量，調查共記錄到19筆道路致死個體，包含黑眶蟾蜍、盤古蟾蜍、麗紋石龍子、斯文豪氏攀蜥、紅斑蛇、白梅花蛇、黑眉錦蛇、南蛇、赤尾青竹絲與雨傘節等。

## 2.6.2 國內道路致死改善措施案例

(1) 陽明山國家公園野生動物穿越道路涵洞微型生態廊道系統(黃光瀛，2006)

陽明山國家公園園區面積約在11,450 公頃，若以臺北盆地之地景尺度檢視，其所保留之大片綠地與森林，為臺北都會區周邊野生動物與自然生態環境的重要庇護場所，不乏各種珍稀保育類動物紀錄。然而區內各種總長在200 公里以上之道路，則對園區內野生動物造成相當程度的影響，其中最顯而易見的即為道路致死效應。而陽明山國家公園即定期檢拾公路上道路致死動物遺體，並記錄其好發區域、遺體種類、數量、頻率、季節變化與路旁人工構造物等，從民國84年至民國95年間累積進行11年的長期監測，平均每年記錄到的動物道路致死在千隻以上。

根據其調查紀錄，陽明山國家公園管理處在101甲縣道及臺2甲陽金公路之熱點，設置動物通道(包含涵洞、誘導網與喇叭狀入口、雨水導引，圖2.6.2-1)與警告標示，並架設自動攝影與錄影設備監測動物使用情形。在架設完畢後之民國93年至95年8月底間，共記錄到15種以上之動物利用涵洞系統，包含有保育類白鼻心，其他如鼬獾、赤腹松鼠、刺鼠、臭青公、紅斑蛇等動物，而廊道設置地點之道路致死率亦明顯降低。



北縣 101 甲道路動物移動廊道示意圖 (蘇維翎 攝)

圖 2.6.2-1 陽明山國家公園野生動物穿越通道

## (2) 綠島蟹類廊道建置(臺東縣政府，2009)

民國97年臺東縣政府辦理「綠島蟹類廊道建置與監測計畫」，進行綠島全島既有排水設施及生態廊道改善生物使用情形調查監測，從21處待改善排水設施中評選出最優先進行改善排水設施1處和次優先2處，針對最優先的公館排水進行生態廊道的研究設計和建置工程，利用管涵、矩形溝加格柵蓋、導引路緣石組成可供蟹類穿越道路的生態廊道，並設置解說牌。除了新設置的廊道外，針對燈塔道路的試驗性蟹類生態廊道亦進行改善工程(圖2.6.2-2)。改善工程完工後，該計畫亦擬定生態廊道效益評估方法，並辦理教育訓練由在地居民和保育團體志工進行監測工作的操作，監測結果顯示原道路致死熱點在生態廊道設置後已經明顯獲得改善，後續即擬定綠島生態廊道監測標準作業模式和綠島全島生態廊道規劃設計準則。

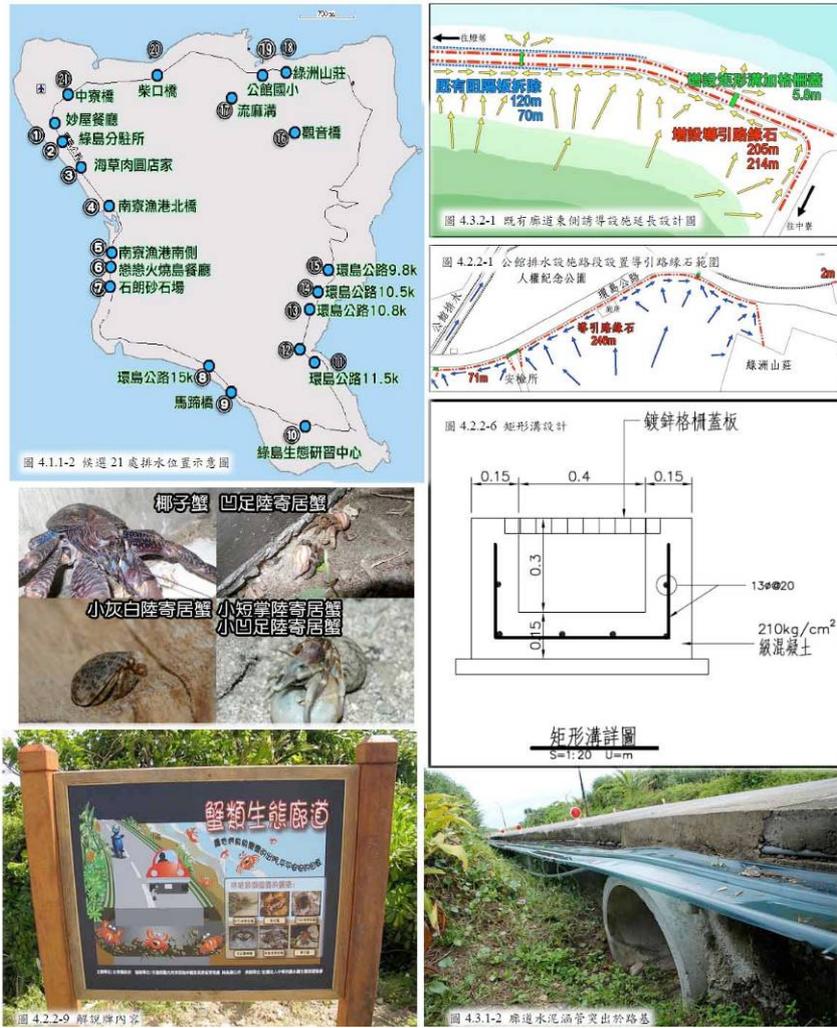
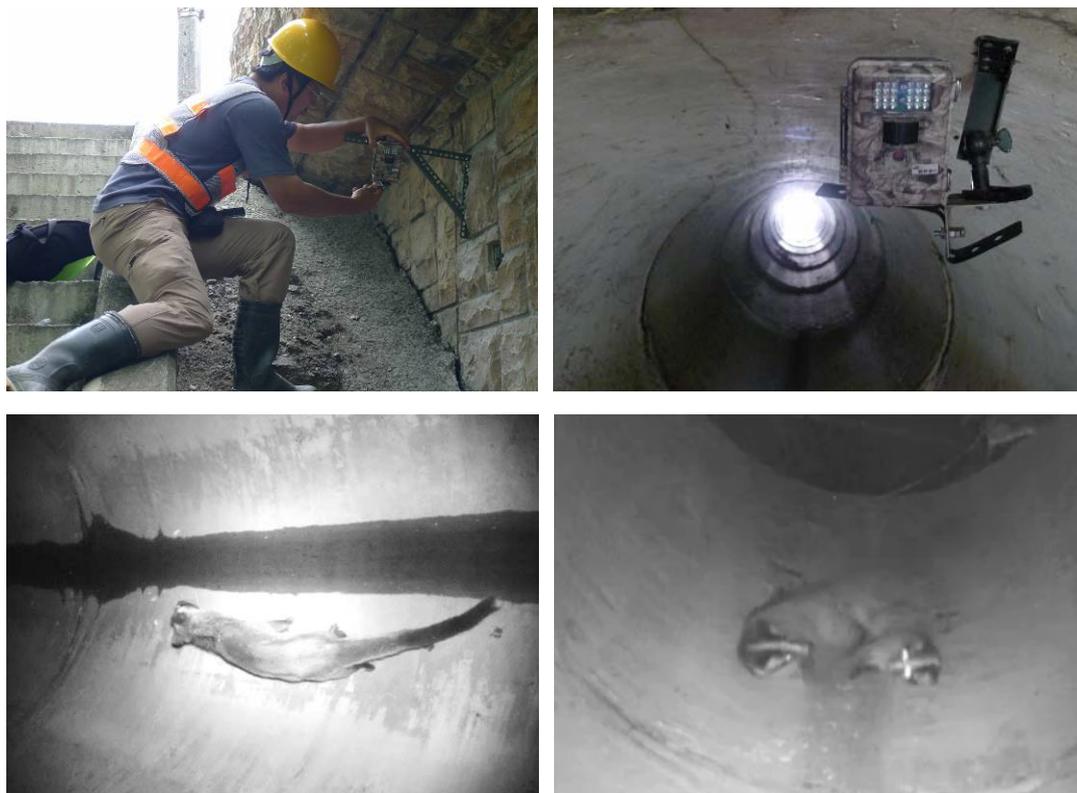


圖 2.6.2-2 綠島蟹類生態廊道調查評估建置

(3) 國道動物通道建置(交通部臺灣區國道高速公路局，2011)

2.6.1節中所述，由高速公路局所辦理之營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫，在其執行期間，即根據道路致死調查結果，設定白鼻心等中型哺乳動物為復育目標，從森林地景敏感程度、道路致死密度、國道既有結構設施調查、破碎化分析等因子綜合評選最優先改善路段和既有結構，於99年4完成嘉義民雄1處既有管涵的改善工作，利用導引隔離網、涵洞入口斜坡等設施的設置，提供白鼻心等目標物種安全穿越國道的生態廊道(圖 2.6.2-3)。經1年的紅外線自動相機監看以及道路致死長期調查資料的分析比較，結果證實此生態廊道有效的降低該路段的中型哺乳動物道路致死密度。



設置自動相機(左上)、通道內像機架設情形(右上)、白鼻心通過(左下)與通道內白鼻心嬉鬧(右下)  
資料來源：本團隊拍攝

圖 2.6.2-3 高速公路局動物通道設置與監測

#### (4) 高速公路林內段紫斑蝶通過國道保護措施

民國93年至94年間，臺灣蝴蝶保育學會(簡稱蝶會)進行紫斑蝶遷移路線調查時，在國道3號林內段251k+000附近發現紫斑蝶穿越的熱點路段。由於該段高速公路恰與往北飛行的紫斑蝶遷移路線正交，蝶群遭遇高速公路後易遭外側車道所產生的氣流干擾或直接撞擊。高速公路局整理近年調查結果瞭解發生熱點路段與主要季節，自96年春季開始，高公局即辦理研究計畫進行調查，98年度成立「辦理紫斑蝶遷移減輕措施工作推動小組」投入保育作業研究。99年度提出「國道讓蝶道—紫斑蝶輸運計畫」的構想並邀集學者專家研擬保育對策，以防護網配合尖峰蝶流量的外側車道封閉減少紫斑蝶之道路致死衝擊(營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫彙整。高公局，2011)。



### 第三章 林班地道路致死潛在風險評估與研究規劃

本年度計畫主要研究重點在於：(1)以文獻回顧與空間資料分析方式，探討林班地內野生動物道路致死的主要可能原因，(2)再經由野外調查結果進行熱點分析，估算道路致死高風險路段，據以研提重點改善計畫，以及(3)評估可解釋致死數量的環境與道路特徵因子，建立國內林班地道路致死的課題研究與評估改善基礎。本章整理計畫前期所進行文獻回顧與理論分析結果，3.1節先蒐集檢視林班地內重要生物因子的性質與特性，3.2節則詳述道路致死潛在風險的理論分析流程，以GIS地理資訊系統套疊焦點區域與敏感物種的分布圖層，計算各分析單元的生物敏感性，評估林班地道路系統中最可能導致道路致死之潛在風險區。3.3與3.4節則延續理論推估結果，整理說明後續進行野外調查與空間分析的工作流程與資料建置方式。

#### 3.1 臺灣山區林道野生動物道路致死的潛在衝擊探討

##### 3.1.1 影響山區內野生動物道路致死的主要因子

臺灣全島受地理位置、氣候與地形等影響，生物多樣性高且分布情形複雜，其中西南平原丘陵久經人為開發利用，野生動物主要分布於干擾相對較低、棲地環境較完整的山區林地為主，其中大多為林務局所轄林班地範圍(圖3.1-1)。然而山區仍需開闢道路聯絡交通，約有總長9,000公里的道路結構物錯縱橫互於林班地中，其中除有約1,800公里為林道外，亦包含省道約830公里、縣道約150公里、鄉道約480公里，以及近6,000公里的農路與產業道路(圖3.1-1)。道路切割森林棲地，對野生動物形成潛在壓力，主要影響包括道路致死對族群數量的直接衝擊，以及由於棲地破碎造成孤島效應的隱憂(Coffin 2007; Fahrig & Rytwinski 2009; Forman & Alexander 1998; Forman *et al.* 2003; Lin 2009; Seiler 2001; Trombulak & Frisselt 2000)。

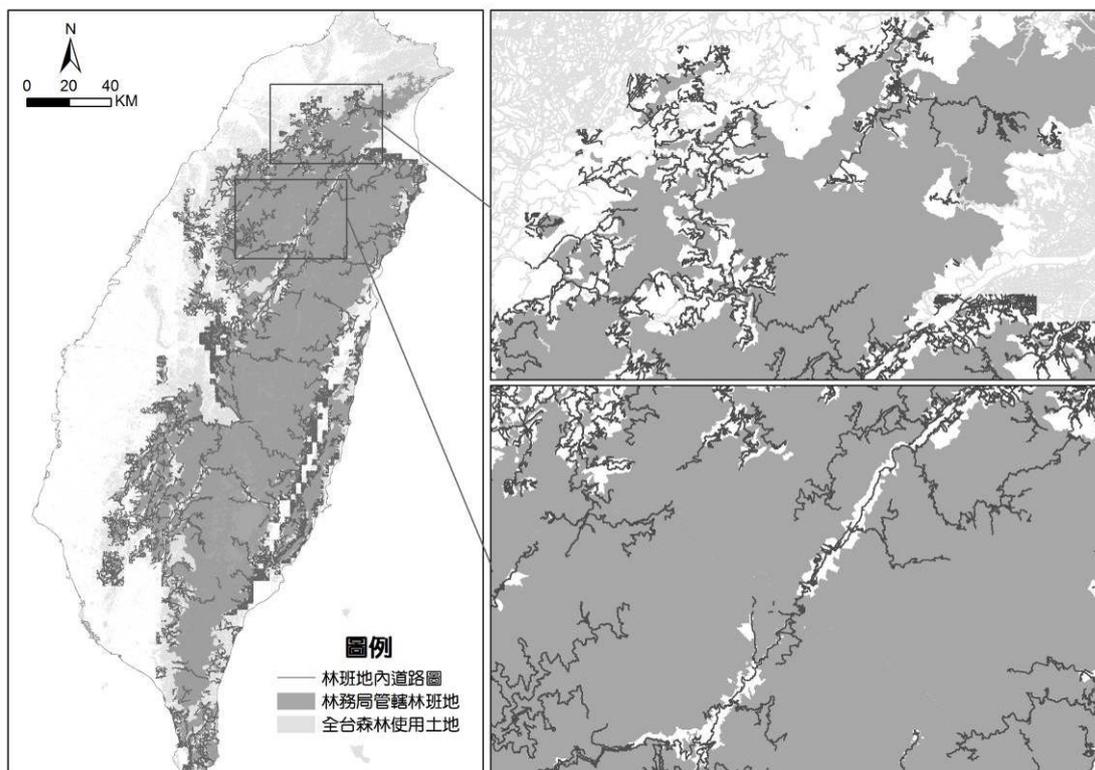


圖 3.1-1 全臺森林地、林班地與林班地內道路分布示意圖

可能影響野生動物道路致死的原因很多，主要可以分為生物因子與道路因子。生物因子包括道路周遭生物資源分布、族群數量與棲地植被特徵(Clevenger 2005; Gomes *et al.* 2009; Roe *et al.* 2006; Saeki & Macdonald 2004; Smith-Patten & Patten 2008)，此外亦應考量不同動物類群的活動性與行為模式。某些物種因覓食或繁殖等需求，較常需要跨越或暫時停留在道路上，因此容易受車輛輾壓而發生道路致死(Gomes *et al.* 2009; Meek 2012)。道路的影響性主要從三方面評估(Langen *et al.* 2009; Magnus 2006)，首先是道路的規劃與位置亦與道路致死嚴重程度有關，若道路恰好切割重要天然棲地，或位於動物從棲息地到水源或食物的路徑上，或是具有廊道特性而引誘特定物種靠近路緣，發生道路致死的潛力便較高。其次，道路的設施結構如路堤路塹型式、道路寬度、擋土牆、護欄與排水設施等，雖然經常與道路致死的發生有關，但良好的結構設計亦可能降低動物因誤闖路面致死的危險。此外，道路的使用情況與頻度(如車流量和車速等)亦與道路致死發生的風險類群與數量密切相關。

### 3.1.2 道路設計與結構因子對野生動物道路致死的潛在影響

根據前述文獻回顧結果，評估國有林班地中道路系統對於野生動物的潛在影響，主要包括三個面向：(1)道路切割林地導致棲地破碎化，(2)道路相關設施對特定動物類群造成壓力、移動阻隔與致死風險，以及(3)道路帶來的人車和各類衍生影響導致周邊棲地品質劣化。其中，道路與周邊排水設施的型式、結構與工法，往往對不同動物類群形成不同程度的棲地破碎與阻隔效應，例如溝渠內積水可能吸引動物靠近路面，從而增加道路致死風險，溝渠與護欄設計不良亦可能造成動物個體受困於溝渠內或路面上而造成死亡，道路致死發生機率的高低亦會受這些因子的影響。因此，在進行道路致死調查與改善評估時，應同時將這幾類道路因子納入考量。

然而，排水設施等因子的型式和分布狀況常因現地需求或後續整修而有不規則的動態變化，非經主動調查難以掌握相關資訊的完整性與精確度，因此現階段尚無法納入大尺度分析。為了能有效分析與改善林班地內動物致死情況，本計畫於選定林道進行小尺度調查期間，除了以系統性調查分析道路致死的敏感族群並偵測好發生路段，更藉由調查人員進行道路因子記錄與建檔工作，以彌補既有資料不足的問題。

野外調查所得道路兩側包含排水設施在內的道路因子資訊，將利用GIS地理資訊系統整合分析動物致死點位與道路因子變化的空間關係，而本年度小尺度調查結果亦可建立統計迴歸模式，分析不同類型的道路與排水設施對道路致死的相關性，據以提出道路與周邊排水設施造成道路致死增加或減低的主要因子，回饋國有林班地大尺度分析，作為後續調查與改善的參考依據。相關評估結果亦可實際回饋至第二年的後續工作項目，如山區道路結構型式之與道路致死關聯性探討及後續養護管理建議等。

## 3.2 生物敏感性評估指標與分析模式

生物敏感性主要針對易發生道路致死動物類群，評估其地域分布、物種豐度與道路周邊棲地利用情形。由國家層級而言，目前臺灣

全面性、長期性、統一性且資訊公開的生態調查與基礎生物資料不多，以國立臺灣大學生物多樣性研究中心所整理建置的行政院農業委員會林務局自然資源與生態資料庫(2006)為較具此特性，因此本計畫根據其提供之生物分布訊息與其他相關圖層資訊，整理提出因此本計畫初步先嘗試以所掌握的質性資訊轉化成可以量化的評估指標。本計畫為釐清林班地內生物資源的分布概況，以道路為單位，透過地理資訊系統整合林班地、道路、法定保護區、重要野鳥棲息地與物種曾記錄區位(統稱生態焦點區域)等，估算道路潛在影響範圍內棲地環境的生態價值與物種豐多程度，作為潛在敏感性的量化依據。

本計畫使用的道路系統圖層為經濟部交通運輸研究所99年度的交通路網數值地圖，並輔以林務局提供之林道與林區道路圖，套疊林班地圖層，產出林班地範圍內的道路分布圖(圖3.2-1)。利用ArcGIS 9.2 (Esri)的資料處理功能，以500公尺為單位對道路進行等距切分，定義各單位路段與向外延伸1公里的環域(Buffer)為道路潛在影響範圍作為分析單元，總共產出17,249個分析單元(圖3.2-1)，再以此為地景分析的基礎，分別就生態焦點區域與道路致死敏感物種兩項指標，評估道路對週邊棲地環境的潛在生物敏感性，評估指標的分析方法與初步成果分述於下。

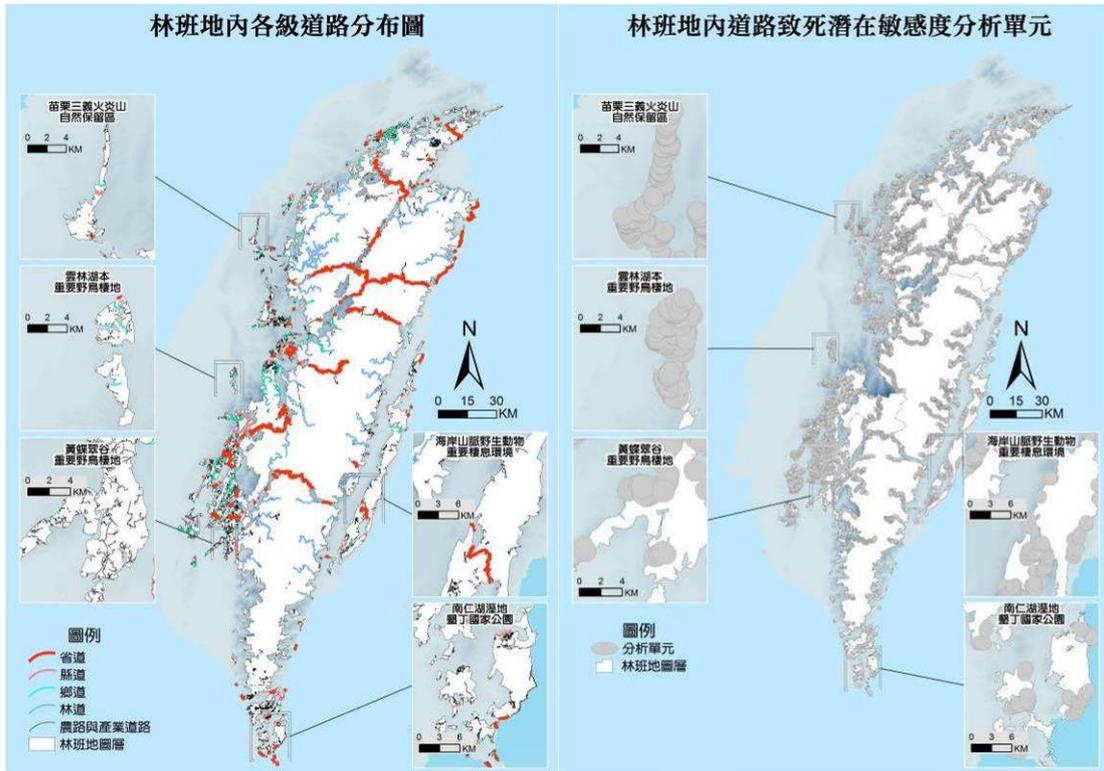


圖 3.2-1 林班地中的道路圖層(左)與潛在生態敏感性分析單元(右)

### 3.2.1 以道路與生態焦點區域的空間關係為評估指標

生態焦點區域係指具有特殊生態價值或生物多樣性高的區域，本計畫初步已納入之生態焦點區域包括各法定公告保護區、國家重要濕地與重要野鳥棲地共計73處(圖3.2.1-1與表3.2.1-1)，將各圖層整合套疊林班地內道路分度，利用路段分析單元進行環域分析(Buffer Analysis)，分析道路與焦點區域的相關程度，作為道路潛在影響範圍內棲地生態的敏感性指標。

相關性估算方式為各分析單元內生態焦點區域所佔面積，若生態焦點區域有重疊則累加計算，亦即假設路段里程周邊的生態焦點區域越密集或重疊性越高，則代表其生態敏感性越高，道路致死發生的機率或致死物種敏感性亦應越高。所得數據透過公式轉換為百分比，再以10%與50%切分為低、中、高三級便於不同路段間敏感性的比較。以上述方法評估生態焦點區域與林班地內道路的空間關係，根據分析結果產出道路潛在影響範圍內棲地生態的生物敏感性(圖3.2.1-2)。其

中，與焦點區域呈部分高度相關的林道包括石山、大雪山、大鹿林道東線與萬榮林道，呈中度相關的林道則有郡大、武界、730、丹大、沙溪與利嘉林道，其他如司馬限、萬大、裡冷、人倫、光復、瑞穗、延平與大漢林道等則僅有少部分路段單元呈中度相關(圖3.2.1-2)。

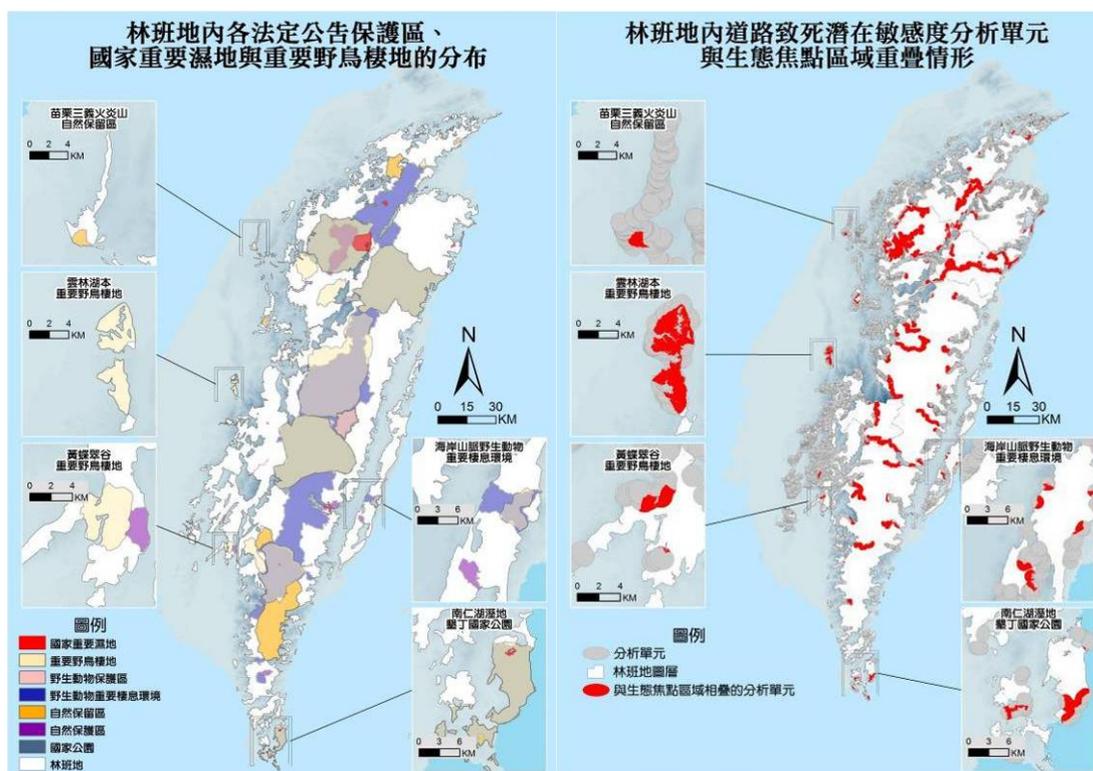
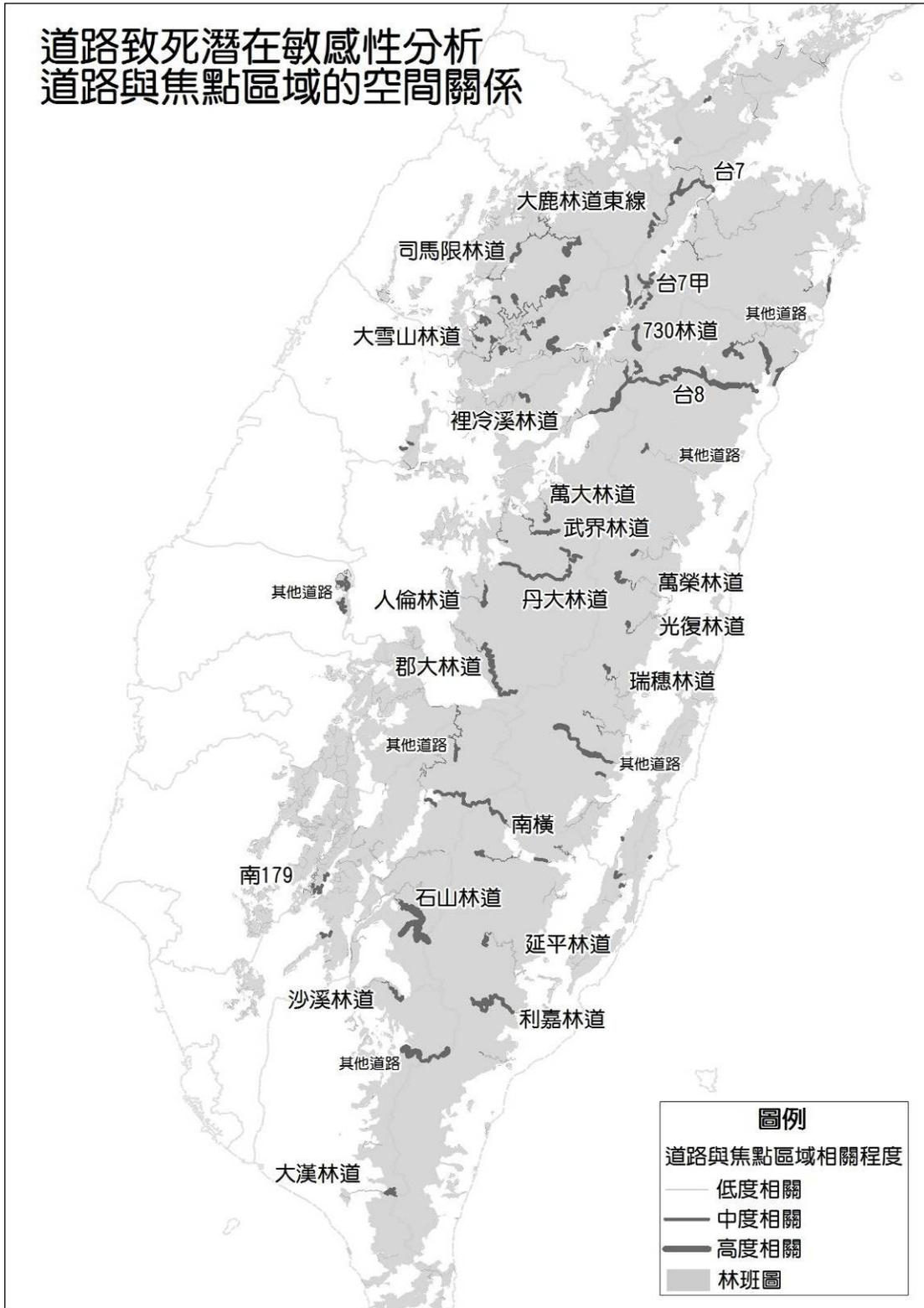


圖 3.2.1-1 林班地中的生態焦點區域(左)與分析單元重疊焦點區域現況(右)

表 3.2.1-1 生態焦點區域所使用之圖層資訊

圖層	項目	區域數量
生態焦點區域	重要野鳥棲地	17
	國家重要濕地	12
	野生動物保護區	3
	野生動物重要棲息環境	17
	國家公園	4
	自然保護區	6
	自然保留區	14

資料來源：本團隊整理

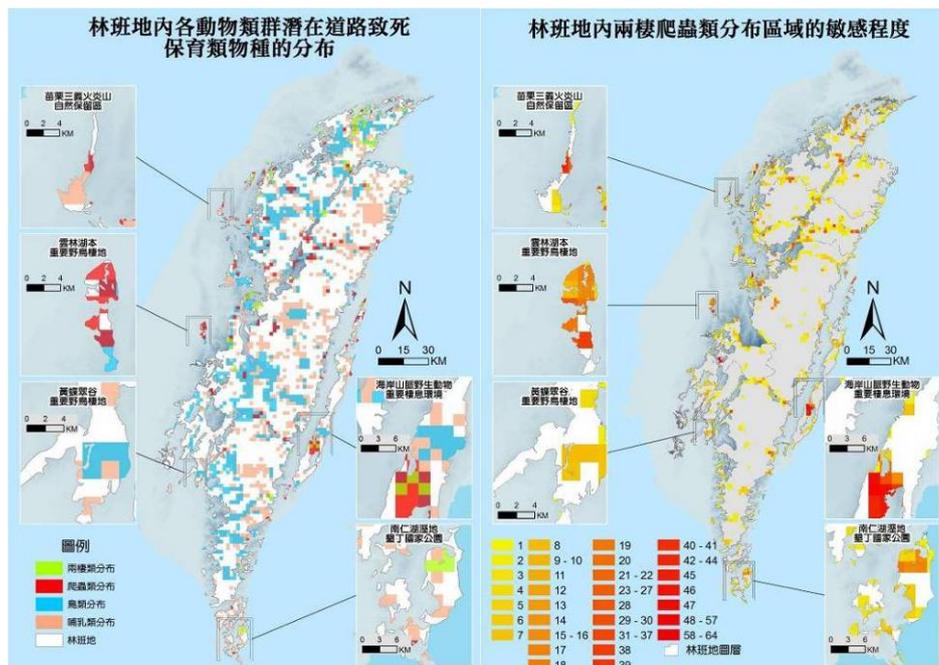


圖上標示道路為分析結果含有中高相關程度路段單元之林班地內道路

圖 3.2.1-2 以生態焦點區域分析林班地內道路單元之敏感性

### 3.2.2 以道路致死敏感物種分布概況為評估指標

此階段目標為分析道路致死焦點物種的分布狀態，將既有物種分布網格透過地理資訊系統套疊道路路網，掌握野生動物資源豐富而可能受道路影響而產生致死路段(圖3.2.2-1)。圖層來源為行政院農業委員會林務局自然資源與生態資料庫(國立臺灣大學生物多樣性研究中心，2006)，該圖層資訊為方格狀的向量檔格式。先期以道路致死敏感性較高的兩棲類與爬行類為分析對象，每單元的道路致死敏感性等於與其重疊的物種分布圖層，若不同物種分布有重疊，則重複計算面積，所得數據透過公式轉換為百分比，俾利不同路段間敏感性的比較。本計畫初步先將保育類物種的權重設為10，非保育類物種的權重則給予1(圖3.2.2-1)，以加權所得數值估算分析單元的潛在生物敏感性，所使用的物種資訊詳見表3.2.2-1。以上述方法評估敏感物種與林班地內道路空間關係，初步產出潛在道路致死敏感性(圖3.2.2-2)。其中，含高敏感性路段分析單元的林道以石山、利嘉與知本林道為主，含中低度敏感路段分析單元的林道則有桶后、丹大、瀨頭、大坪、大漢與大鹿林道東線。此外林班地範圍內其他路段亦有臺23線、投64線與臺8線呈現高度敏感性(圖3.2.2-2)。



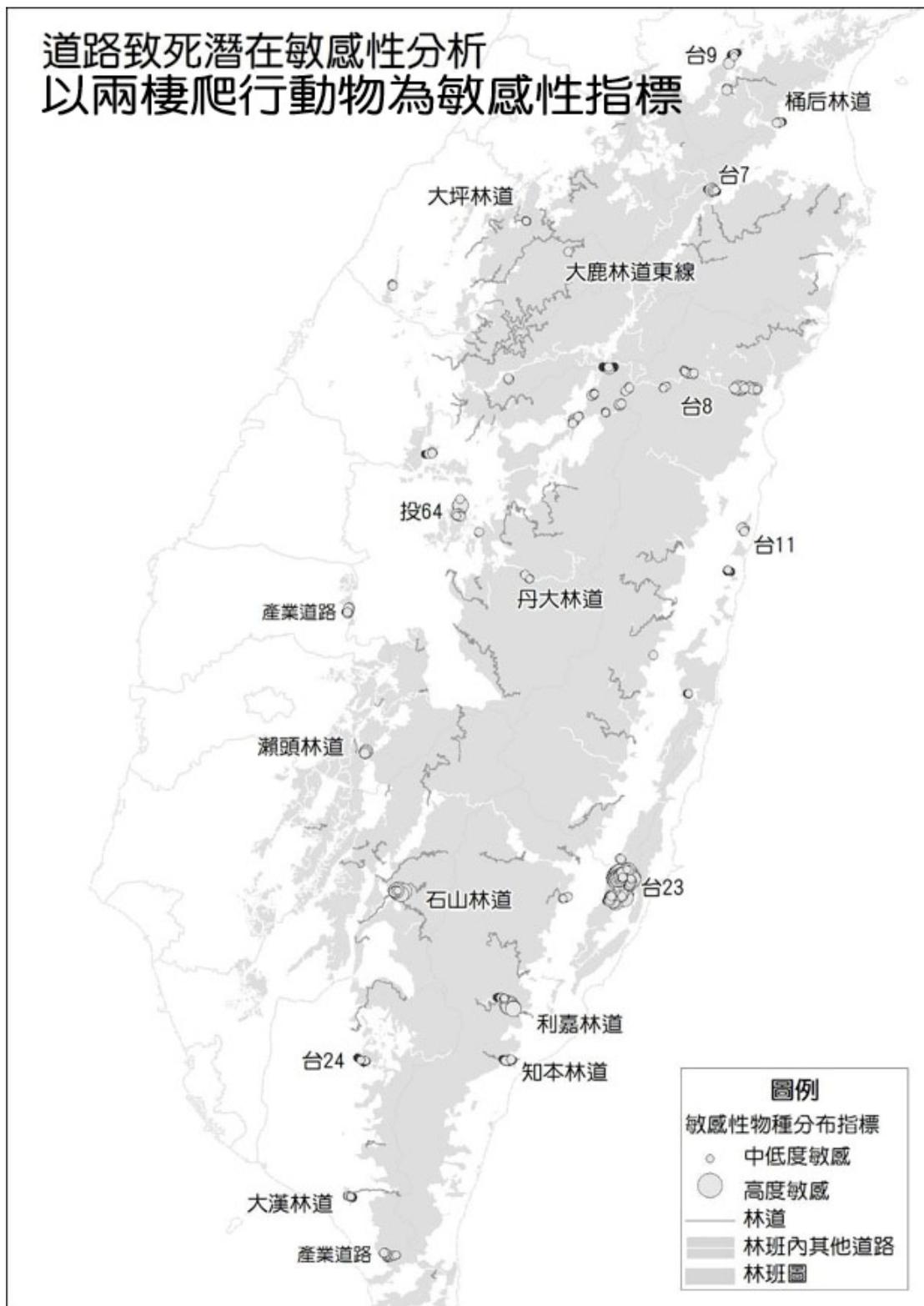
各物種類群(左)與兩棲爬行類的分布(右)。圖層來源：行政院農業委員會林務局自然資源與生態資料庫(國立臺灣大學生物多樣性研究中心於2006/12/31完成)

圖 3.2.2-1 各物種類群於林班地內分布的敏感區域示意圖

表 3.2.2-1 預測林道道路致死威脅路段潛在敏感程度所使用之兩棲爬行類物種與資料筆數

爬行類	物種名	資料筆數	爬行類	物種名	資料筆數	
保育類	食蛇龜	8	非保育類	白梅花蛇	31	
	柴棺龜	1		擬龜殼花	9	
	短肢攀蜥	18		赤背松柏根	42	
	梭德氏草蜥	2		赤腹松柏根	7	
	哈特氏蛇蜥	2		紅竹蛇	16	
	金絲蛇	1		茶斑蛇	46	
	高砂蛇	9		史丹吉氏斜鱗蛇	7	
	黑眉錦蛇	17		細紋南蛇	8	
	斯文豪氏游蛇	13		南蛇	44	
	雨傘節	86		臺灣赤煉蛇	2	
	眼鏡蛇	37		黑頭蛇	8	
	帶紋赤蛇	10		白腹游蛇	9	
	鎖蛇	7		草花蛇	27	
	百步蛇	16		過山刀	45	
	龜殼花	91		臺灣鈍頭蛇	44	
	菊池氏龜殼花	12		赤尾青竹絲	159	
非保育類	斑龜	70	兩棲類	物種名	資料筆數	
	黃口攀蜥	18	非保育類	金線蛙	34	
	斯文豪氏攀蜥	382		保育類	橙腹樹蛙	8
	無疣蝎虎	65		翡翠樹蛙	27	
	蝎虎	279		臺北樹蛙	91	
	史丹吉氏蝎虎	13		盤古蟾蜍	754	
	半葉趾虎	4		黑眶蟾蜍	647	
	臺灣草蜥	69		中國樹蟾	236	
	雪山草蜥	8		巴氏小雨蛙	17	
	古氏草蜥	23		小雨蛙	580	
	蓬萊草蜥	49		黑蒙西氏小雨蛙	243	
	長尾南蜥	43		史丹吉氏小雨蛙	28	
	中國石龍子	40		澤蛙	1032	
	麗紋石龍子	198		虎皮蛙	203	
	臺灣滑蜥	17		古氏赤蛙	218	
	股鱗蜓蜥	39		腹斑蛙	205	
	印度蜓蜥	195		貢德氏赤蛙	319	
	臺灣蜓蜥	20		拉都希氏赤蛙	797	
	盲蛇	23		長腳赤蛙	130	
	臺灣標蛇	10		梭德氏赤蛙	433	
	標蛇	8		斯文豪氏赤蛙	613	
	花浪蛇	56		日本樹蛙	686	
	大頭蛇	42		褐樹蛙	454	
	鐵線蛇	7		艾氏樹蛙	319	
	青蛇	132		面天樹蛙	286	
	紅斑蛇	106		白領樹蛙	521	
	臭青公	67		莫氏樹蛙	581	

資料篩選自行政院農業委員會林務局自然資源與生態資料庫(國立臺灣大學生物多樣性研究中心, 2006)



圖上標示道路為分析結果含有中高敏感路段單元之林班地內道路

圖 3.2.2-2 以兩棲爬行類群分布與種數分析林班地內道路單元敏感性

### 3.2.3 空間圖層資料蒐集、更新與建置

前述的生態焦點區域以極敏感物種分布兩項評估指標，可作為評估林班地內道路潛在致死風險的主要生物因子，另外本計畫亦已透過林務局與其他公務單位申請取得其他與生物因子相關的圖層資訊，取得包括國土測繪中心的「國土利用調查成果圖層」與現生天然植群分布圖等，有助於掌握不同植被環境對道路致死風險的潛在影響，後續將持續整合與更新相關圖層資訊，並利用野外調查所取得的實際資料，以熱點分析與相關性迴歸統計等方法，進行更深入的道路致死風險評估。

為了有效運用地理資訊系統空間整合的功能，以便匯入調查結果以分析熱點，並運算處理環境與道路因子以進行相關性評估，有必要在資料建置與分析工作前期，預先彙整林務局所提供的相關重要圖資並作必要更新修訂。以下分項說明相關工作：

#### (1) 林道圖層校正：

為求林道的線段圖層能精準反映實際環境，研究人員以正射影像圖套疊林道圖層進行細部判釋，修正選定調查林道的雜訊與微幅偏差，以提升野外調查資料匯入的精確程度(圖3.2.3-1)。由於野外調查點位來自GPS定位，輸入時具有一定的誤差，以本圖為例偏差可達數十公尺，如此將造成道路致死點位的二次隨機誤差，且無法判定熱點路段的實際里程位置，因此若能使用精準的林道位置進行資料比對與判讀，對於結果的掌握度會更高。

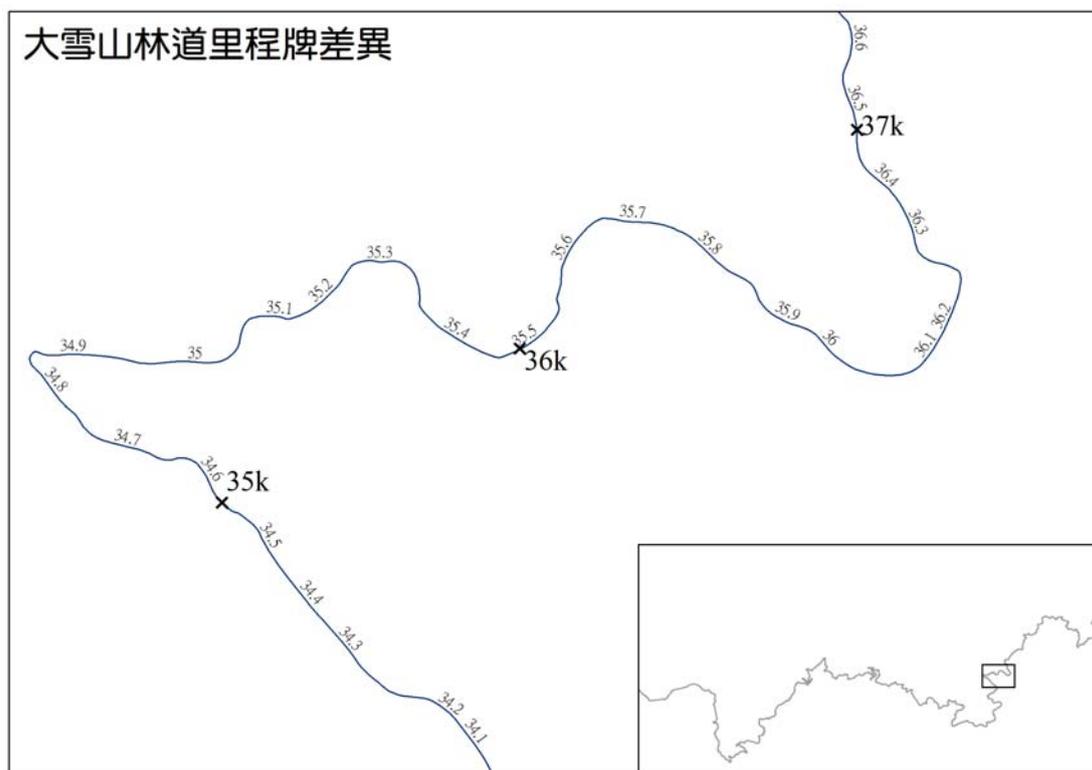


以大雪山林道里程 8K-10K 處為例，呈現林道線形紀錄與正射影像圖層之差異

圖 3.2.3-1 林道圖層校正前後差異

## (2) 林道里程碑與實際長度校正

林道的地理位置校正後，由於長度與所標定的里程碑示有部分出入(圖3.2.3-2)，為便於結合空間圖層，資料分析需選取一致性單元，因此以地理資訊系統重新計算各林道的精確距離，以此劃分成百公尺里程路段，後續建議時則會再調整成實際里程碑的相對位置，標定實際熱點範圍。



以大雪山林道 35-37K 為例，K 數為實際里程告示位置，小型數字為地理資訊系統計算結果

圖 3.2.3-2 林道實際里程牌與地理資訊系統林道長度計算值差異

延續本年度所完成的道路致死調查與分析成果，第二年亦將針對已納入調查範圍的林道進行追蹤調查，除比對熱點分析結果，更可以持續蒐集與分析環境與道路結構特徵，分析道路致死主要影響因子在不同類群與不同林道特性的變異。追蹤評估結果除了提供改善減輕對策的研擬依據，亦將用來檢討本節所設計理論分析方法的改進方向，包括應納入的環境與生物因子與評估流程等，以作為後續相關調查的參考。

### 3.3 全臺林道現況調查與研究路段評選

依據期初相關會議結論，本計畫應選擇3條位於林班地內的林道進行調查。林務局目前管理的林道有82條，參照本計畫文獻蒐集彙整結果指出，道路兩側棲地類型與車流量等因子，為影響道路致死程度之共通主要因子(Clarke *et al.* 1998; Saeki & Macdonald 2004; Hels & Buchwald 2001; Meek 2012)，本計畫蒐集各林道長度、鋪面、管制情

形和通行狀況等資料進行初步評估，首先排除通行長度較短、路況較差等潛在道路致死風險可能較低的林道，再依據可能的車流量和現勘結果評估候選林道的調查優先順序，最後將評選結果與第三章林班地道路致死潛在風險評估中考量生態焦點區域和敏感物種分布概況所產出的高敏感林道進行比對並辦理工作坊討論確認。評選考量因子和標準如表3.3-1，實際操作流程摘要請見圖3.3-1，而評選因子考量內容、操作方法與評選結果詳述如後。

表 3.3-1 選擇擬調查敏感林道考量因子

林道因子	條件	處理方式
1.林道位於林班地內長度	林班地內長度不足5公里	排除不選
2.林道管制情形	需申請甲種入山證才可進入	排除不選
3.林道管制情形	非公務車不得進入	排除不選
4.林道現況	因天災而封閉或管制(林班地範圍內未管制路段不足5公里)	排除不選
5.林道現況	目前路況不佳(林班地範圍內可通行四輪車輛路段長度不足5公里)	排除不選
6.林道鋪面狀況	林班地範圍內林道硬鋪面(柏油或水泥)路段總長度不足5公里	排除不選
7.林道沿線景點	林道通過森林遊樂區或知名景點	優先選擇
8.林道鋪面狀況	林道柏油鋪面長度超過5公里	優先選擇

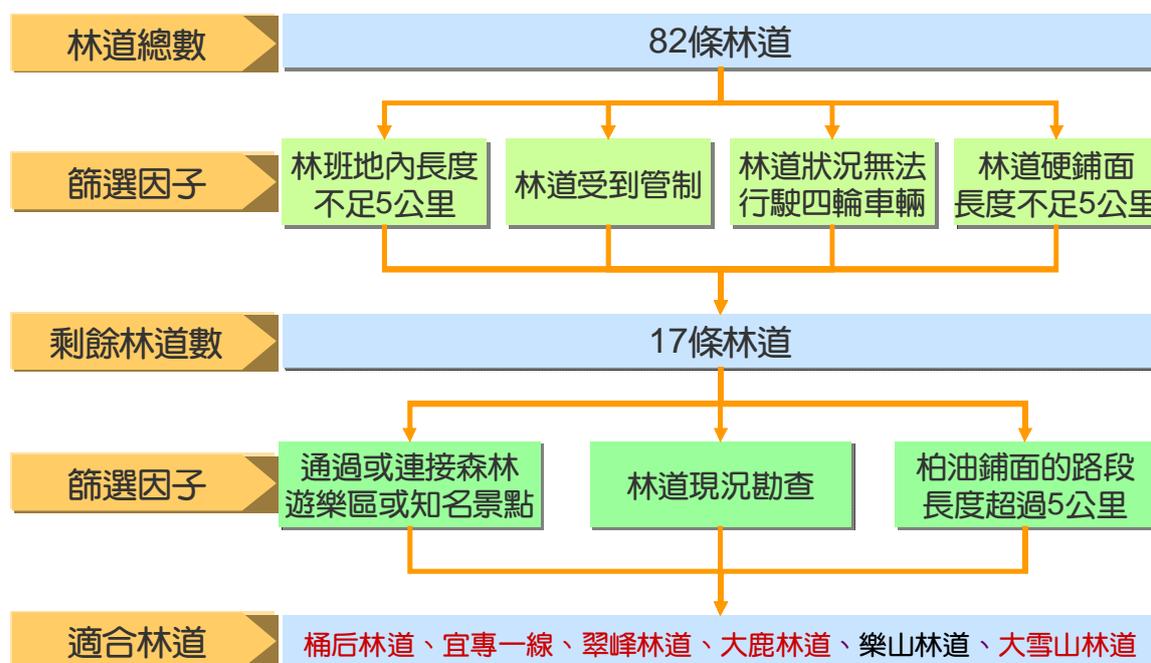


圖 3.3-1 道路致死調查樣區林道評選流程

### 3.3.1 第一階段評選因子與操作流程

各篩選因子與相關考量分項說明如下：

(1) 林班地內林道長度：

道路兩側的地形、植被和土地利用等因子常會影響道路致死的發生率，道路致死的改善工作也常需要將道路兩側環境一併納入考量，因此選擇擬調查林道時，將優先考量林道位於林班地範圍內路段長度在5公里以上的林道，選擇較長的林道可收集較完整的資料，且此路段道路與兩側環境均由林務局管轄，未來進行評估和改善工作時較不會有地權和管轄單位上的困難。

(2) 林道是否管制：

部份林道因位於山地經常管制區，需申請甲種入山證才能進入，通常僅有相關單位的公務車或少數登山團體或遊客申請進入，通行車輛很少，此類林道排除不選。另有部份林道基於生態保育、森林保育、礦業開採或是先前曾經崩塌而有安全性考量而進行管制，通常僅有相關單位的公務車進入，通行車輛非常少，亦排除不選，若管制區位於林道中段且未管制路段位於林班地內長度在5公里以上者則不予排除。

(3) 林道現況是否可行駛四輪車輛：

因天災(颱風、地震)等因素造成坍方而由林務局公告封閉或告示車輛勿進入的林道先予以排除，計有藤枝林道、石山林道、扇平林道3條林道排除不選。另外收集資料發現有部份林道曾經崩塌而近期路況不佳或無法通行四輪車輛者(林班地範圍內可通行路段長度不足5公里)亦予以排除。

(4) 林道目前硬鋪面長度：

過去肩負運送林產的林道在林業政策改變後，由於使用目的及使用頻度的改變，有些林道進行鋪面的改善。除基本碎石路面外，在車流量較大的路段多改設為柏油、水泥鋪面，另外一些特殊使用目的的路段有其他形式的鋪面。由於碎石或泥土鋪面路段的路況較差，車流量少且車速通常較慢，因此動物道路致死的機

率亦較低，此外這類路段路面易為植物覆蓋，可能造成調查困難，再者碎石鋪面的林道路段兩側通常無混凝土結構的排水設施，與本計畫分析課題可能不符。因此將林班地範圍內硬鋪面路段(柏油或水泥鋪面)總長度不足5公里的林道排除。

綜合上述各項考量，利用地理資訊系統套疊各林道位置與位於林班地內的路段長度，並配合相關查詢與資料蒐集，綜合考量可能干擾調查的主要問題與全臺各林道的現況(表3.3.1-1)，在第一階段共篩除65條林道。

表 3.3.1-1 第一階段林道篩選因子與具備該條件之林道

篩選因子	具備該條件之林道
(1)長度不足5公里	達觀山林道、東眼山林道、八卦力林道、大坪林道、大湍林道、水田林道、東河林道(比林溪)、蓬萊林道、八仙山林道本線、八仙山林道苗圃支線、大雪山林道神木支線、出雲山林道、摩天嶺林道、麻必浩林道、奧萬大聯外道路、祝山林道、焙仔桶林道、瀨頭林道、壽卡林道、來義林道、三民林道、扇平林道等22條
(2)林道受到管制	大鹿林道東線、司馬限林道、內洞林道、水田林道、大雪山林道神木支線、雪山坑林道、摩天嶺林道、郡大林道、祝山林道、楠溪林道、雲山林道、石山林道、扇平林道、延平林道、錦屏林道、紅石林道、利嘉林道、霧鹿林道、長良林道、古魯林道、四季林道、安平坑林道等22條
(3)無法行駛車輛	羅山林道下線、大湖溪林道、西勢山林道、高中林道、知本林道、古魯林道、鹿皮林道和嘉平林道等8條
(4)林道硬鋪面長度不足5公里	達觀山林道、東眼山林道、大鹿林道東線、羅山林道下線、羅山林道上線、內洞林道、大坪林道、大湍林道、大湖溪林道、水田林道、蓬萊林道、八仙山林道、大雪山林道神木支線、出雲山林道、觀音山林道、雪山坑林道、摩天嶺林道、麻必浩林道、八仙山苗圃林道、西勢山林道、船型山林道、平石山林道、卓社林道、雙龍林道、萬大林道、武界林道、尖臺林道、白毛山林道、梅蘭林道、瀨頭林道、南山林道、壽卡林道、雲山林道、三民林道、五指寮林道、大漢林道、和平林道、古魯林道、鹿皮林道、金洋林道、四季林道、嘉平林道及武荖坑林道等43條

考量林道長度、管制狀況、現況和硬鋪面長度等因子將不適合的林道排除後，尚有桶后林道、大鹿林道本線、樂山林道、大雪山林道、裡冷林道、烏石坑林道、阿冷坑林道、長興林道、美瓏山林道、沙溪林道、西林林道、萬榮林道、光復林道、瑞穗林道、中平林道、宜專一線、翠峰林道等17條林道可能適合進行調查，針對此17條林道再考量車流量及車速等因子，選出敏感性較高的林道(南投林管處轄區的人倫林道於第一階段篩選時處理為因管制而長度不足5公里而刪除，經南投林管處於期中審查會議中指正，人倫林道可通行長度超過5公里，管制站位於林道末端，因此不應於第一階段排除)。

(5) 通過或連接森林遊樂區或知名景點的林道

考量遊客帶來的交通量可能增加動物道路致死機率，17條林道中，若為連接森林遊樂區或沿線有知名景點的林道則優先度較高，符合本項因子的林道計有桶后林道、大鹿林道本線、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道6條(表3.3.1-2)。

表 3.3.1-2 林道篩選因子-通過或連接森林遊樂區或知名景點篩選結果

<b>桶后林道*</b>	<b>大鹿林道*</b>	<b>樂山林道*</b>	<b>大雪山林道*</b>	裡冷林道
烏石坑林道	阿冷坑林道	長興林道	美瓏山林道	沙溪林道
西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道	中平林道
<b>宜專一線*</b>	<b>翠峰林道*</b>			

\*代表優先度較高之林道

(6) 柏油鋪面的路段長度：

林道若以柏油鋪成，路面狀況較佳、路幅也較寬，通常車速較快且車流量較大，因此造成動物道路致死的可能性也較高。17條林道中柏油(A.C.)鋪面路段長度超過5公里者計有桶后林道、大鹿林道、大雪山林道、裡冷林道、萬榮林道、宜專一線及翠峰林道7條(表3.3.1-3)。

表 3.3.1-3 林道篩選因子-柏油鋪面的路段長度篩選結果

<b>桶后林道*</b>	<b>大鹿林道*</b>	樂山林道	<b>大雪山林道*</b>	<b>裡冷林道*</b>
烏石坑林道	阿冷坑林道	長興林道	美瓏山林道	沙溪林道
西林林道	<b>萬榮林道*</b>	光復林道	瑞穗林道	中平林道
<b>宜專一線*</b>	<b>翠峰林道*</b>			

\*代表優先度較高之林道

綜合上述因子進行初步評選後，82條林道中以桶后林道、大鹿林道本線、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道5條林道符合優先調查條件，各林道資料和初步評選結果請見附錄一。

### 3.3.2 道路致死調查候選樣區現勘

本計畫於2011年11月起進行候選林道的現勘工作，至2012年1月共現勘了22條林道(圖3.3.2-1)。探勘林道除上節以林道長度、管制狀況、現況和硬鋪面長度等因子考量後，列入候選的桶后林道、大鹿林道本線、樂山林道、大雪山林道、裡冷林道、烏石坑林道、阿冷坑林道、長興林道、美瓏山林道、沙溪林道、西林林道、萬榮林道、光復林道、瑞穗林道、中平林道、宜專一線、翠峰林道等17條外，另外與萬大聯外道路、藤枝林道兩林道連接森林遊樂區，但因先期天然災害封園後現況不明，而萬大林道、武界林道因GIS圖層資訊與林務局99年度林道基本資料不相符，利嘉林道為以生物多樣性知名的林道，因此一併進行現勘。22條林道現勘紀錄請詳見附錄二列表和照片說明。



萬榮林道(左上)、裡冷林道(右上)、美瓏山林道(左下)與中平林道(右下)

圖 3.3.2-1 林道現勘工作狀況

現勘22條林道中裡冷林道、萬大林道、阿冷坑林道、長興林道、武界林道、藤枝林道、萬榮林道、瑞穗林道及中平林道現況硬鋪面路況不佳，未有連續硬鋪面路段長度超過5公里者，而烏石坑林道、美瓏山林道、沙溪林道及西林林道的路況多為碎石，其餘桶后林道、大鹿林道本線、樂山林道、大雪山林道、奧萬大聯外道路、光復林道、利嘉林道、宜專一線及翠峰林道等9條林道，則具有5公里以上的柏油或水泥所鋪設的硬鋪面路段，但考量林班地範圍內的林道硬鋪面長度，則奧萬大聯外道路、光復林道及利嘉林道均不足5公里，現勘結果與依各林道資料初步評選結果吻合，桶后林道、大鹿林道本線、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道5條林道符合優先調查條件。樂山林道雖然為水泥鋪面，路況較桶后等上述5條林道差，但與大鹿林道本線相接且沿途（1.5k及6k）有遊樂區景點設施，因此亦納入先期調查林道。

### 3.3.3 道路致死潛在風險評估結果比對與工作坊確認

根據林班地道路致死潛在風險評估結果(詳見3.2節),以生態焦點區域考量產出的敏感林道中有大雪山林道1條與目前評選結果吻合,而以兩棲爬行類敏感物種分布考量產出的敏感林道中有桶后林道1條與目前評選結果吻合。其他潛在風險評估結果判斷為高度或中度敏感的林道大多因為關鍵因子不符而排除,包括林道已廢棄(丹大林道、730林道)、林道管制可通行路段不足5公里(石山林道、大鹿林道東線、司馬限林道、郡大林道、延平林道、利嘉林道)、林班地範圍內硬鋪面不足5公里(大坪林道、瀨頭林道、武界林道、萬大林道、光復林道、大漢林道、利嘉林道),以及道路現況不佳不適合四輪車輛行駛(萬榮林道、裡冷林道、沙溪林道、瑞穗林道、知本林道)。

本計畫於101年2月24日舉行第一次工作坊,共邀請4位專業顧問與相關領域學者專家,及林務局相關科室人員進行討論,本案調查地點初步評選結果即為工作坊議題重點之一。與會學者專家對於依林道長度、管制狀況、現況和硬鋪面長度等因子考量,篩選出桶后林道、大鹿林道本線、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道等5條進行道路致死調查的操作方式與結果多表示合理且符合預期,但仍提出長度在5公里以下的林道,若已有明顯的動物道路致死問題,應納入調查,優先解決既有問題,並請林務局各管理處協助提供是否有相關道路致死問題的林道或地點。

依據第一次工作坊專業顧問與相關領域學者專家提供的意見,本計畫於101年3月19日舉辦第二次工作坊,邀請林務局相關單位與新竹、羅東、花蓮、臺東、東勢、南投、屏東及嘉義8處林區管理處參與。與會的林區管理處人員除提供可能有道路致死問題的林道外,也提出道路清掃人員對調查的可能影響,及如何協助提供道路致死資訊的相關問題。兩次工作坊詳細辦理情形請詳附錄十三。

綜合上述評選流程與結果,本計畫初步選出桶后林道、大鹿林道本線、樂山林道、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道6條林道於100年11月至101年1月間進行前測,101年2月至4月間6條林道均進行6次以上的調查,綜合初步調查結果,桶后林道和大雪山林道的道路致死紀錄明顯較多,因此優先列為本計畫正式調查林道;樂山林道和翠峰

林道的紀錄最少，可優先排除；大鹿林道的道路致死紀錄明顯較宜專一線少，且根據新竹林管處提供資料顯示，觀霧森林遊樂區尚未開放住宿，夜間遊客量少，而目前軍方持續有工程進行，道路狀況不確定性高，因此以本計畫研究需求考量，宜專一線優於大鹿林道。

本計畫於5月進行最後1次大鹿林道和樂山林道調查後，即不再針對此兩條林道進行後續調查。正式調查工作與資料處理則包含桶后林道、大雪山林道和宜專一線，翠峰林道由於與宜專一線相連，因此亦一併納入調查。



## 第四章 林班地野生動物道路致死研究方法

本計畫擬依據野生動物道路致死潛在敏感程度評估的結果，選擇3處敏感路段進行道路及周邊排水設施野生動物致死調查。選擇調查的對象為脊椎動物，包括哺乳類、鳥類、爬行類、兩棲類四大類。以下分別說明本計畫調查與資料處理分析方法。

### 4.1 道路致死調查方法

#### 4.1.1 道路致死調查執行項目與頻度

本計畫調查期程為民國101年2月至10月，進行共9個月的動物道路致死調查作業。在調查方面規劃了包含主調查(月調查)、增設調查(週調查)和連續調查三部份，另外亦將視情況進行補充調查以增加資料量。主調查頻率為每個月1天次，增設調查目的為增加道路致死動物資料完整性，在春、夏、秋季各挑選其中1個月增加調查頻率至每週1天次，共計4天次調查，另外為嘗試瞭解道路致死情形在假日和非假日時是否會受到車流量不同而有差異，因此在每季亦會完成1次連續4天的調查。

##### (1) 主調查(月調查)

主調查頻率為各林道每個月進行1天次動物道路致死調查，兩次調查的時間間隔盡量避免過於接近，以2週以上為佳。主調查每次蒐集的道路致死資料為該次調查和前次調查間累積的道路致死資料，但可能有極高比例的道路致死屍體會因多次碾壓、腐壞分解、被其他動物撿食或人為移除而無法被發現記錄。主調查日期將盡量選擇在週間(非假日)進行，以利後續可能之統計分析使用。

##### (2) 增設調查(週調查)

增設調查將於春、夏、秋每季選擇各1個月增加調查頻率至

每週1天次，即9個月的調查期間中，有3個月將進行每週1天次(每月4天次)的調查(表4.1.1-1)。由於本計畫各項調查均會將發現的動物屍體移除，因此在資料處理時原則上將以增設調查第1週的調查資料視為該月主調查資料進行分析。

### (3) 連續調查

連續調查於春、夏、秋每季選擇1個月進行1次4天的調查(表4.1.1-1)，即9個月中，有3個月將進行連續4天次的調查。此調查目前安排於連續的週四、週五、週六、週日(或週六、週日、週一、週二)進行。由於本計畫各項調查均會將發現的動物屍體移除，因此在資料處理時將以連續調查第一日的週四(或週六)的調查資料視為該月主調查資料進行分析；週五(或週二)的調查資料則歸類為非假日的單日道路致死資料，週六和週日(或週日和週一)的調查資料則歸類為假日的單日道路致死資料。連續性調查目的在嘗試分析假日與非假日的道路致死的情形是否會因車流量不同而有所差異。

表 4.1.1-1 各月調查執行頻度

月份	調查頻率	調查天數
二月	月調查	1
三月	月調查	1
四月	連續調查	4
五月	週調查	4
六月	連續調查	4
七月	週調查	4
八月	月調查	1
九月	週調查	4
十月	連續調查	4

## 4.1.2 道路致死調查作業標準操作方式

### (1) 調查工具準備

調查工具包括數位相機、GPS、三角錐、比例尺、路面位置說明牌、反光背心及標本袋，每次調查前需校對相機與GPS的時

間(圖4.1.2-1)。

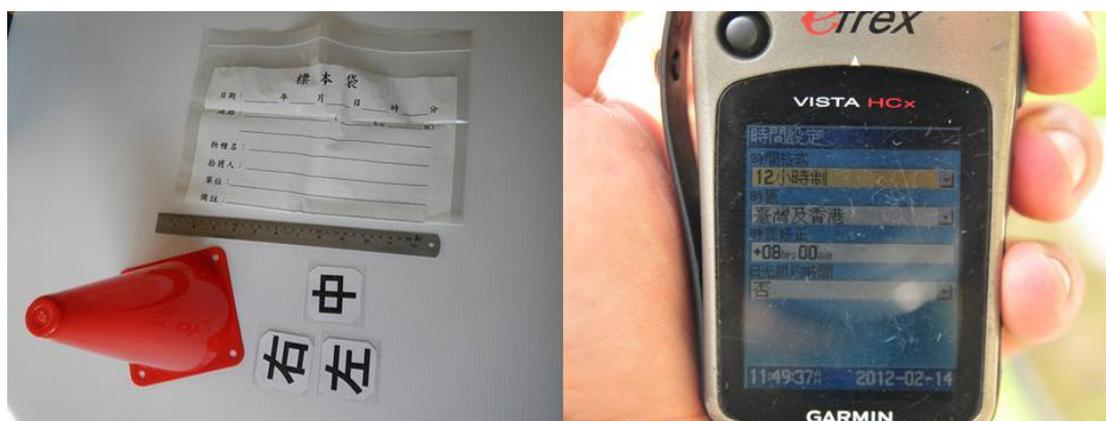


圖 4.1.2-1 調查工具準備與利用 GPS 校對相機時間

## (2) 道路致死調查方法

- (a) 每次調查均於調查日上午開始，完成時間視各林道長度與該次發現的道路致死動物量而不同。調查時沿計畫道路以慢速騎機車的方式(30km/h以下)進行，由林道進入林班地的里程作為起點，至林道終點結束調查，回程可再簡單檢查有無遺漏或新增的屍體。調查時全程開啟GPS記錄儲存調查航跡。
- (b) 發現動物屍體時拍攝兩張紀錄照片，第一張照片應為動物屍體照，拍照時應由正上方往下拍攝以避免變形，照片需包含動物屍體、比例尺及路面位置說明牌(圖4.1.2-2)。路面位置分為左、中、右，判斷時調查員面朝林道終點方向(起點為0k)，將路面寬度分為三等份，由左至右即為「左」、「中」、「右」(圖4.1.2-3)。判斷動物屍體相對位置後，將比例尺以及正確的路面位置說明牌放置於動物屍體旁進行拍照。第二張照片要呈現動物屍體於道路上的位置及週邊環境。於動物屍體旁放置三角錐標示屍體於路面的位置，拍照人員後退約10公尺左右進行拍攝，拍照者應站立於路中線，並朝路中線方向拍攝(圖4.1.2-4)。此照片中應包含標示動物屍體位置的三角錐和兩側路緣，後續可同時用來輔助判斷道路結構、排水設施、路寬和兩側植被類型等(圖4.1.2-5)。



照片應包含屍體、比例尺和路面位置說明牌

圖 4.1.2-2 動物屍體照片應包含資訊示意

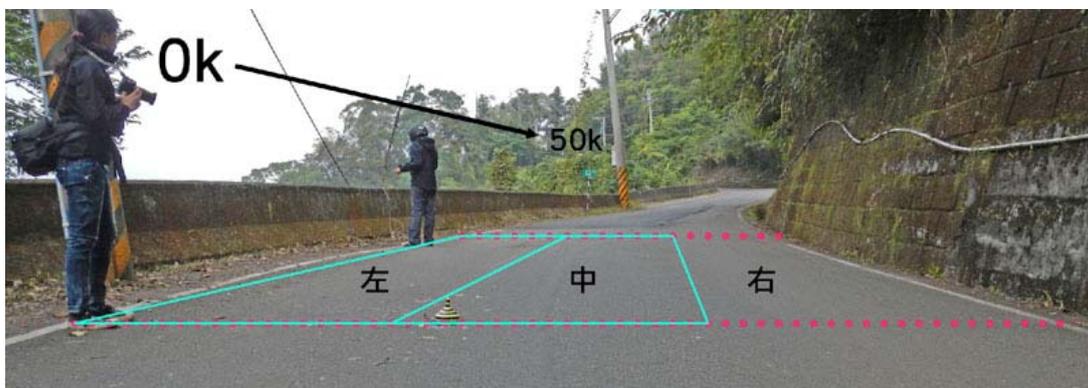


圖 4.1.2-3 路面位置分類分方式



圖 4.1.2-4 動物屍體位置照片拍攝方式



圖 4.1.2-5 動物屍體位置照片應包含之資訊

(c) 調查完成後，應將動物屍體移除，除了避免新鮮的屍體吸引其他動物來取食而造成二次道路致死情況，另外也可避免調查時發生重複計數的情形。較新鮮完整的動物屍體可採集保存，利用適當大小的標本袋蒐集存放，並於標籤紙上填寫日期、林道和里程等資料，可捐贈給自然科學博物館或特有生物研究保育研究中心等蒐藏單位進行其他研究，或作為後續環境教育用途。

(d) 調查執行時亦應視當地環境情形或工作狀況拍攝工作照和

林道沿線的棲地環境、道路形式、排水設施等照片，可建立林道里程、地景和道路結構照片資料庫，此外對於不易辨識的動物屍體，亦應拍攝其重點特徵等照片輔助進行辨識。

### 4.1.3 資料處理與熱點分析方法

#### (1) 道路致死紀錄和照片資料點位套疊

- (a) 調查結束後利用道路致死動物照片和屍體位置照片進行判讀並填寫相關資料，記錄項目包括日期、林道、動物類群、種類、保育等級、生活史階段推估、發現座標和屍體路面位置(車道左、中、右)等。
- (b) 動物屍體座標是利用GeoSetter (V3.4.16, Friedemann Schmidt) 或 JetPhoto Studio Pro (V5.3, Atomix Technologies)等影像航跡處理軟體將道路致死動物照片與該次調查GPS航跡進行套疊，可呈現動物屍體於林道的確切位置並取得該筆資料的座標(圖4.1.3-1)，由於各林道現地里程碑位置可能與實際里程有出入，因此調查資料均以發現時記錄的座標為準。



桶后林道調查紀錄

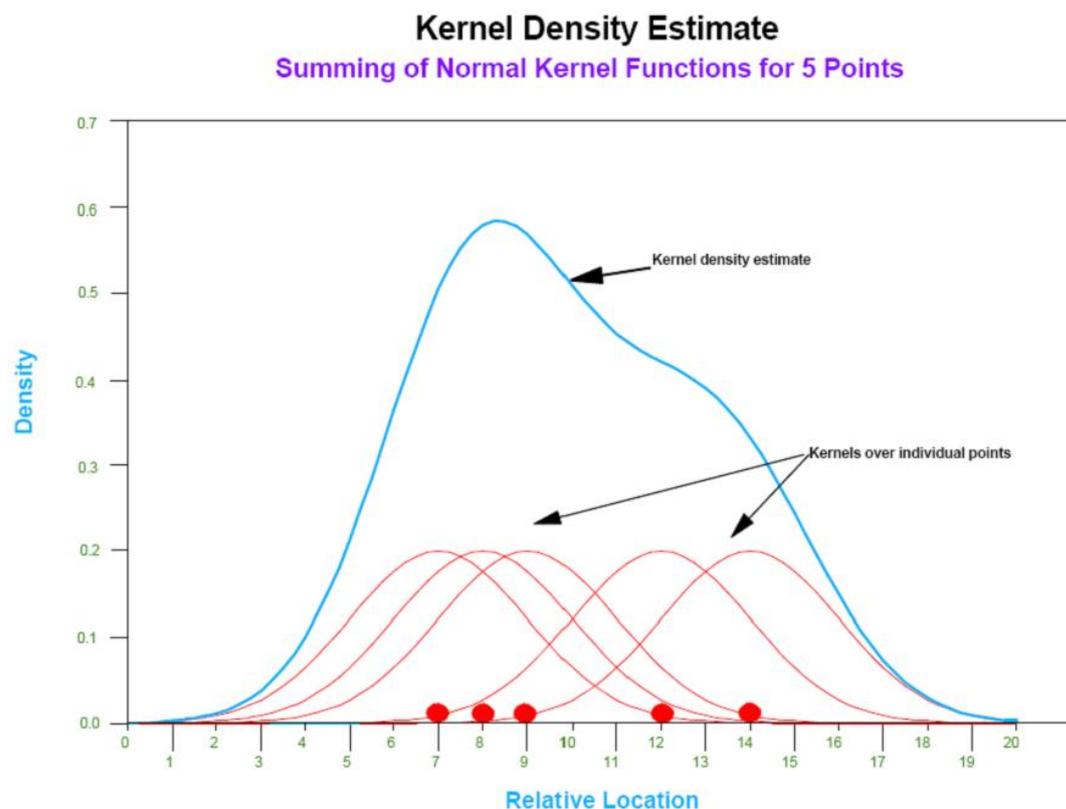
圖 4.1.3-1 動物屍體位置照片套疊 GPS 航跡示意圖

## (2) 動物致死熱點分析方法

利用地理資訊系統(ArcGIS 10.0, Esri)處理道路致死調查資料，可計算不同動物類群之累積道路致死數量，比較各林道所檢拾道路致死個體的物種類別與累積數量，分析道路致死高風險類群與道路致死熱點。本計畫分析三種不同類型的熱點，包括不分類群數量熱點、分類群空間熱點和物種豐多性熱點，其中不分類群熱點是以各林道的百公尺路段為單位，統計每百公尺路段的累積道路致死數量，評估各林道上造成最多道路致死的風險路段。

由於林道調查主要紀錄的道路致死動物為兩棲與爬行類，考量物種的生態習性，進一步區分為蛙、蛇、蜥三類群進行分類群的空間熱點分析，採用ESRI內建的空間分析工具(Spatial Analyst & Spatial Statistics Tools)，分別進行熱點分析(Hot Spot Analysis, Getis-Ord  $G_i^*$ )與核密度估計(Kernel Density Estimation, KDE)。熱點分析則以百公尺路段累積致死量為單位，以常態化Z值(normalized Z-scores)呈現道路致死是否具有空間集群效應，集群顯著(Z-scores > 2.0,  $p < 0.05$ )表示該類動物在該區段之累積致死量顯著高於其他區段，計算設定時於空間關係概念(Conceptualization of Spatial Relationships)一項選擇"Fixed\_Distance\_Band"，距離方法一項(Distance Method)選擇"Euclidean\_Distance"。為了更明顯判斷道路致死的空間分布關係，輔以核密度估計法，考量單一道路致死點位在空間中的加成關係(圖4.1.3-2)，設定搜尋半徑(search radius)為500公尺、網格大小為5公尺，以漸層環域顯示核密度為最大值的25%、50%與75%範圍。

物種豐多性熱點則是統計各林道單位路段累積記錄到的道路致死物種數，綜合比較各路段的物種組成與豐多性，提供後續道路改善評估的考量依據。



核密度估計法(KDE)主要估計點位之間的空間關係並量化加乘效應(Weibley & Stoddard, 2007)，各點依所設定的搜尋半徑先畫出常態分佈曲線(Kernels over individual points)，交疊而成的曲線即核密度分析結果(Kernel density estimate)

圖 4.1.3-2 圖示核密度估計法(KDE)執行原理

## 4.2 道路致死相關性分析的資料蒐集與分析方法

### 4.2.1 道路結構與環境因子蒐集

本研究為了解道路致死熱點分布以及可能影響因子，因此在蒐集道路致死動物點位與相關資訊時，亦記錄道路沿線道路結構與環境因子相關資料，以下分類說明。

#### (1) 以類型區分為道路設計與排水系統

本計畫初步所記錄可能影響林道動物致死之主要道路因子中，與道路設計相關的項目包含道路型式、護欄、邊坡(擋土牆)和岔路等，與排水系統相關的項目則包含水溝型式、溪澗、集水井和截流溝等。各因子記錄方式和分類說明如下：

(a) 道路型式：

主要區分為隧道、橋梁與路工段三大類型。在路工段項目中，則又根據道路兩側地形變化分別區分為平面、路堤與路塹(圖4.2.1-1)。進行記錄時，根據林道起點往林道終點之方向，區分林道左側與林道右側分別記錄其類型與分布位置，例如路堤、路塹、左堤右塹、左塹右堤等。道路型式可能影響動物抵達和穿越道路容易度，因此可能影響道路致死發生機率。



隧道(左)、左塹右堤(中)與橋樑(右)

圖 4.2.1-1 道路型式分類範例

(b) 護欄型式：

林道兩側之護欄型式，主要出現於林道旁為路堤型式之路段。本計畫主要護欄型式主要包含有連續型混凝土護欄、分段式混凝土護欄、鋼板護欄、木製護欄與無護欄等類型(圖4.2.1-2)，同樣區分林道左右兩側，記錄其類型與位置。護欄型式亦會影響動物抵達和穿越道路容易度，部份護欄設計可能會使動物無法離開路面，可能影響道路致死發生機率。



分段式混凝土護欄(左)、鋼板護欄(中)與連續型混凝土護欄(右)

圖 4.2.1-2 護欄型式分類範例

(c) 邊坡型式：

林道旁之邊坡型式(含擋土牆)，主要位於林道旁為路塹型式之路段。記錄時大略區分為其高度在1公尺以下之矮擋土牆、高度超過1公尺之高擋土牆，以及屬於自然植生之邊坡等型式(圖4.2.1-3)。邊坡型式亦會影響動物抵達和穿越道路容易度，部份邊坡型式可能會使動物無法離開路面，因此可能影響道路致死發生機率。調查時有發現部份擋土牆可能因修築時間已久而長滿植被，因此不易區分。



自然邊坡(左)、矮擋土牆(中)與高擋土牆(右)

圖 4.2.1-3 邊坡型式分類範例

(d) 岔路：

林道與其它可通行車輛之道路交會位置(圖4.2.1-4)。岔路可能影響該位置的車流量，因此對道路致死發生機率可能有影響。



大雪山林道岔路(左)與桶后林道往苗圃岔路(右)

圖 4.2.1-4 岔路範例

(e) 水溝型式：

主要為林道兩側水溝之型式，主要區分為U型溝、L型溝、加蓋水溝與無水溝等四種類型(圖4.2.1-5)，依照道路型式之左右兩側區分原則，記錄分布的型式與位置。水溝可能形成切割使動物無法穿越或離開路面，亦可能會形成動物偏好的棲地吸引動物集中，集中的動物可能會因受困無法逃脫死亡或被經過車輛壓死。



U型溝(左)、L型溝(中)與加蓋水溝(右)

圖 4.2.1-5 水溝型式分類範例

(f) 溪澗：

林道與河流或溪澗等水路交會之點位(圖4.2.1-6)。河流溪澗可能會吸引動物集中，亦可能為部份動物的通道。



交會大雪山林道之溪澗(左)與交會桶后林道之溪澗(右)

圖 4.2.1-6 溪澗範例

(g) 集水井：

林道旁設置集水井之位置，通常與路旁水溝相連接，且

通常有連接箱涵和管涵等設施穿越道路下方(圖4.2.1-7)。集水井常積水吸引動物集中而影響其死亡率，集水井和連接的箱管涵亦可能改善作為動物庇護所或提供穿越道路的通道。



大雪山林道之集水井(左、中)與桶后林道之集水井(右)

圖 4.2.1-7 集水井範例

(h) 截流溝：

林道上有設置截流溝之位置，部分截流溝有配合林道上溪澗環境或集水井進行配置(圖4.2.1-8)。若有截流溝位於道路致死密集分布路段，可作為後續改善措施研擬之參考。



配合集水井配置之截流溝 (左)與配合溪澗設置之截流溝(右)

圖 4.2.1-8 截流溝範例

(i) 其他：

其他未歸類之點位，如停車場、苗圃等(圖4.2.1-9)。



停車場與觀景臺(左)、大雪山林道鳥類拍攝熱門地點(中)以及桶后林道苗圃(右)

圖 4.2.1-9 其他未歸類之特殊點位範例

其中(a)、(b)、(c)、(e)四項為連續性資料，後續資料處理時將彙整成線性資料，以瞭解其分布路段。而(d)與(f)至(i)等五項則為點位資料，後續資料處理時將標記其分布點位。

## (2) 棲地因子調查方法與流程

調查工作進行步驟如下：

- (a) 調查前：確認棲地環境因子分類項目與記錄方式，準備GPS與數位相機等調查工具。
- (b) 調查中：由調查人員慢速騎乘機車進行，GPS全程開啟以記錄儲存調查航跡，以林道進入林班地的里程作為起點，在任一各項道路因子發生變化的位置，例如由左堤右塹之道路型式轉變成為橋梁、護欄中止、水溝型式由U型溝轉變為L型溝時(圖4.2.1-10)，則進行標定並輔以數位相機拍攝及紙筆簡要記錄變化內容，至林道終點結束調查。



道路左側分段混凝土護欄變為鋼板護欄(左)與道路右側矮擋土牆變為高擋土牆(右)

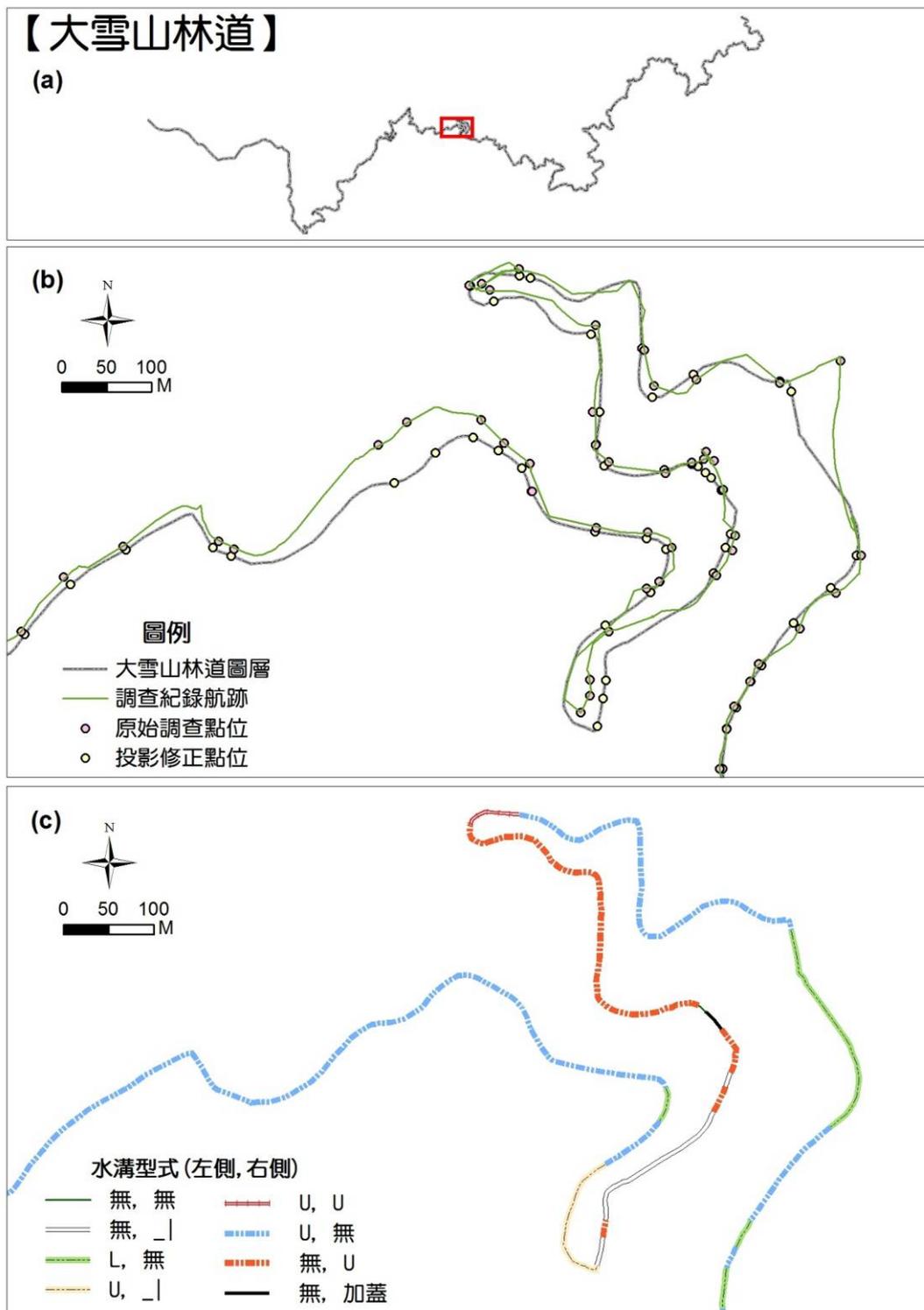
圖 4.2.1-10 棲地因子變化之點位紀錄

(c) 調查後：所得航跡與點位整理後輸入ArcGIS，可得到各因子在林道上的動態類型變化，提供後續資料處理與分析。

### (3) 道路因子資料處理與建檔

現地調查結束後，其調查資料尚需進一步建檔與處理，方能作為提供地理資訊系統進行分析之型式。其操作步驟如下：

- (a) 輸出GPS所記錄之航跡與標定點位，其中每一個標定點位即代表任一道路因子出現變化之位置，以Excel彙整處理成符合ArcGIS格式需求之點位資料。
- (b) 如圖4.2.1-11所示，以ArcGIS套疊野外調查記錄點位(原始點位)與林務局所提供的林道線性圖層，將原始點位投影到最接近林道的切點上(修正點位)，以修正點位對林道進行線段切分(Split)，利用圖層間的欄位整合功能(Join)。以大雪山林道為例，可產出包含水溝、護欄、道路型式等共七項道路因子類型變化的線性圖層資訊。



圖(a)：大雪山林道操作範例路段標示；圖(b)利用 GPS 調查點位套疊並投影至既有林道圖層上；圖(c)：透過 ArcGIS 相關處理工具，將原始資料點狀記錄輸入既有線性圖層進行綜合分析(圖 c 以左右側水溝型式組合為例)

圖 4.2.1-11 ArcGIS 整合大雪山林道全線道路因子變化示意

## 4.2.2 道路結構與環境資料處理與相關性分析方法

### (1) 道路結構與環境因子蒐集

本研究為了解道路致死熱點分布以及重要影響因子，利用上節所說明的資料蒐集方法，在野外蒐集道路致死動物點位與相關資訊，並記錄道路沿線結構與環境因子相關資料，依類別整理如下：

#### (a) 道路結構因子變項

以4.1節道路因子調查方法，整理主要道路結構因子變數如表4.2.2-1所示：

表 4.2.2-1 道路因子變數整理

項目	變數	說明	資料來源
擋土牆	擋土牆阻隔率%	路旁邊坡有 RC 擋土牆的路段所佔長度比率	現地調查
	連續型護欄%	路旁為連續型 RC 護欄的路段所佔長度比率	現地調查
護欄	非連續型護欄%	路旁為非連續型護欄設施，包括間斷型 RC 護欄及各類圍網的路段所佔長度比率	現地調查
水溝	U 型溝%	路旁有 U 型水溝的路段所佔長度比率	現地調查
	L 型溝%	路旁有 L 型水溝的路段所佔長度比率	現地調查
道路兩側型式	堤塹%	道路一側上坡另一側下坡的路段所佔長度比率	現地調查
	雙塹%	道路兩側皆為下坡的路段所佔長度比率	現地調查
	其他(橋)%	道路兩側為橋或房舍等其他結構路段所佔長度比率	現地調查

#### (b) 環境因子變項

環境因子主要以GIS進行圖層運算，並輔以野外調查所

獲得的資料，資料項目與類別說明如下：

(i) 土地利用類型：

利用林務局提供之2006年版本國土測繪圖層分析環域範圍內的土地利用類型，以地理資訊系統計算各分析路段兩側50公尺範圍內不同土地利用所占面積比例，並以選定調查林道的百公尺路段作為計算處理單元(表4.2.2-2)。

表 4.2.2-2 環境因子類型以及大雪山林道環域 50 公尺的面積比率概況

類別	內容	所占面積(%)
水域	天然河川、溝渠與蓄水池	0.78
天然林	天然針闊葉林	59.57
人工林	針葉純林、竹葉純林或混合林	16.05
荒草地	草生地、崩塌地、裸露地、未用地	2.71
人為活動	總計有密集人為活動干擾的區域，包括果園、農地、建地、道路等	20.89
-果園	果樹、苗圃、倉儲	1.63
-農地	旱作與相關設施	8.85
-建地	建築用地、設施用地、遊憩用地	6.54
-道路	道路與相關設施	3.87

(ii) 地形因子：

包括海拔、坡度與坡向3個因子。其中海拔高度來自內政部數值地形模型DTM獲得，再由地理資訊系統運算得到坡度與坡向。由於本計畫所選擇的四條林道的線型特性明顯，方位改變不大，分為南北向的宜專一線以及東西向的其它林道，單一林道內部各路段的坡向變化可能較不顯著。

(iii) 與河溪的最近距離：

依據全臺主要河川以及河川支流圖層，利用地理資訊系統在百公尺分析單元路段上設定等距的5個測量

點，可以運算獲得各點與河溪的最近距離，在以5個點的平均值作為該路段的測量值。

(2) 影響道路致死之道路與環境因子相關性分析

資料分析上，本研究使用R統計軟體進行分析統計，以廣義線性模型(Generalised Linear Models, GLMs)選取卜瓦松分布模式進行道路致死數量資料與表因子的迴歸分析，分別建立蛇、蜥、蛙類道路致死數量相關因子的最佳模型，各模型並經檢定符合常態分布假設。

## 第五章 道路致死調查分析結果

### 5.1 本計畫調查工作執行與各林道現況整理說明

本計畫擬針對3條林道位於林班地範圍內的路段進行9個月的道路致死調查，調查頻率包含主調查、增設調查和連續調查，另外亦進行不定期的補充調查。本計畫自100年11月開始進行6條入選林道的前測，101年2月至5月持續進行第一階段選出的6條林道的調查，6月至10月則僅針對桶后林道、大雪山林道、宜專一線和翠峰林道進行調查，另外101年11月為確認梭德氏赤蛙的道路致死情形，亦補充進行1次大雪山林道的調查，但調查資料不納入本報告中進行完整分析，僅部份項目加入討論。

各林道主要以位於林班地範圍內的路段為主要調查範圍，其中桶后林道0k起點以西至孝義派出所間約有2公里的路段雖不屬於林道範圍，但由於該路段道路致死紀錄不少，位於管制站以後，兩側屬於林班地且棲地性質與林道類似，因此亦一併納入調查分析，里程則以負值表示。大雪山林道0k至13k的路段不屬於林班地範圍，但由於該路段道路致死紀錄不少，因此亦一併納入調查分析，唯本路段屬中坑村範圍，當地居民活動仍多，且兩側多為私有地，利用情形以農墾地和建物為主，結構物和棲地變化大，不易以相同標準度量，因此並未進行全段的棲地和結構物分析。

各林道執行調查的日期請見附錄三，本計畫自100年11月至101年10月間共進行道路致死調查139天次，包括桶后林道30次調查、大雪山林道30次調查，宜專一線31次調查、翠峰林道30次調查，大鹿林道和樂山林道各9次調查。

除道路致死調查外，本計畫於5月(大雪山林道)、6月(桶后林道)和9月(宜專一線和翠峰林道)分別完成4條林道的結構物調查，另外分別於101年7月23日、7月26日和9月10日拜訪新竹林管處、東勢林管處和羅東林管處討論計畫內容，並於101年8月3日至大雪山林道的遊客

中心、小雪山資訊站、大棟派出所和雪山派出所討論遊客宣導相關工作協助事項。

表5.1-1整理主要4條調查林道的現況和其他重要資訊，圖5.1-1與圖5.1-2為各林道周圍環境現況環境概況，除大雪山林道前段多農地、建物等人為利用土地類型外，其餘林道周圍棲地概況多以人工林或天然林交雜為主。以下分別說明：

#### (1) 桶后林道

桶后林道為新竹林管處轄區，規格為丙種林道，海拔約210-450公尺，全長約13公里，柏油鋪面長度約7.4公里，餘為水泥鋪面。林道0k起點以西至孝義派出所約2公里路段亦納入本計畫調查分析範圍，分析時里程以負值表示。

桶后林道沿線無聚落，在孝義派出所需辦理乙種入山證，在2k後則有林務局管制站，週末及每年5月-10月會進行遊客總量管制。林道沿線包括1k、11k和12k等地點有較多遊客停駐或下溪遊玩，林道終點有桶后越嶺步道入口。

桶后林道今年由於蘇拉颱風風災造成多處土石坍塌，因此自8月14日起全線封閉禁止進入，預計102年1月底才重新開放。

#### (2) 大雪山林道

大雪山林道為東勢林管處轄區，規格為甲種林道，海拔約350-2580公尺，全長約48.9公里，全線為柏油鋪面，但13k(海拔約900公尺)以後林道才進入林班地範圍，13k以前的路段本計畫亦進行調查分析。

大雪山林道15k以下有大雪山社區等聚落，屬臺中市和平區中坑村，有較多當地居民出入。大雪山森林遊樂區收費站位於35k處，收費站以上夜間禁止車輛出入，此外森林遊樂區於假日會進行總量管制，每日2200人次。大雪山林道沿線遊憩據點眾多，遊樂區收費站以外有大雪山社區、賞鳥平臺、鳶嘴稍來小雪山國家步道等，收費站以上則有遊客服務中心、小雪山遊客中心、天池和雪山神木等。根據林務局96-100年統計資料，大雪山森林遊樂

區每月遊客量在1480-25715人次之間(平均9609人次)，每月入園車輛在307-6451輛次之間(平均2468輛次)，每月住宿人數在541-3785人次之間(平均1786人次)。

大雪山林道今年由於泰利颱風和蘇拉颱風的影響，分別於6月20日至26日和8月1日至3日暫時封園，共封園10天。

### (3) 宜專一線

宜專一線為羅東林管處轄區，規格為公路系統雙車道，海拔約350-1950公尺，全長約25.6公里，全線均為柏油鋪面。

宜專一線沿線無聚落，太平山森林遊樂區收費站約在2k位置，森林遊樂區內夜間車輛禁止進入，此外春節期間會進行動態總量管制，每日3000人次。林道沿線遊憩點眾多，包括鳩之澤自然步道等。根據林務局96-100年統計資料，太平山森林遊樂區每月遊客量在8008-62782人次之間(平均29492人次)，每月入園車輛在1625-12404輛次之間(平均5879輛次)，每月住宿人數在1059-7746人次之間(平均5014人次)。

宜專一線今年由於泰利颱風和蘇拉颱風影響，分別於6月20日至22日、7月31日至8月25日和9月27日至29日暫時封園，共封園31天。

### (4) 翠峰林道

翠峰林道為羅東林管處轄區，規格為山嶺區六級單車道，海拔約1850-2150公尺，全長約16.5公里。

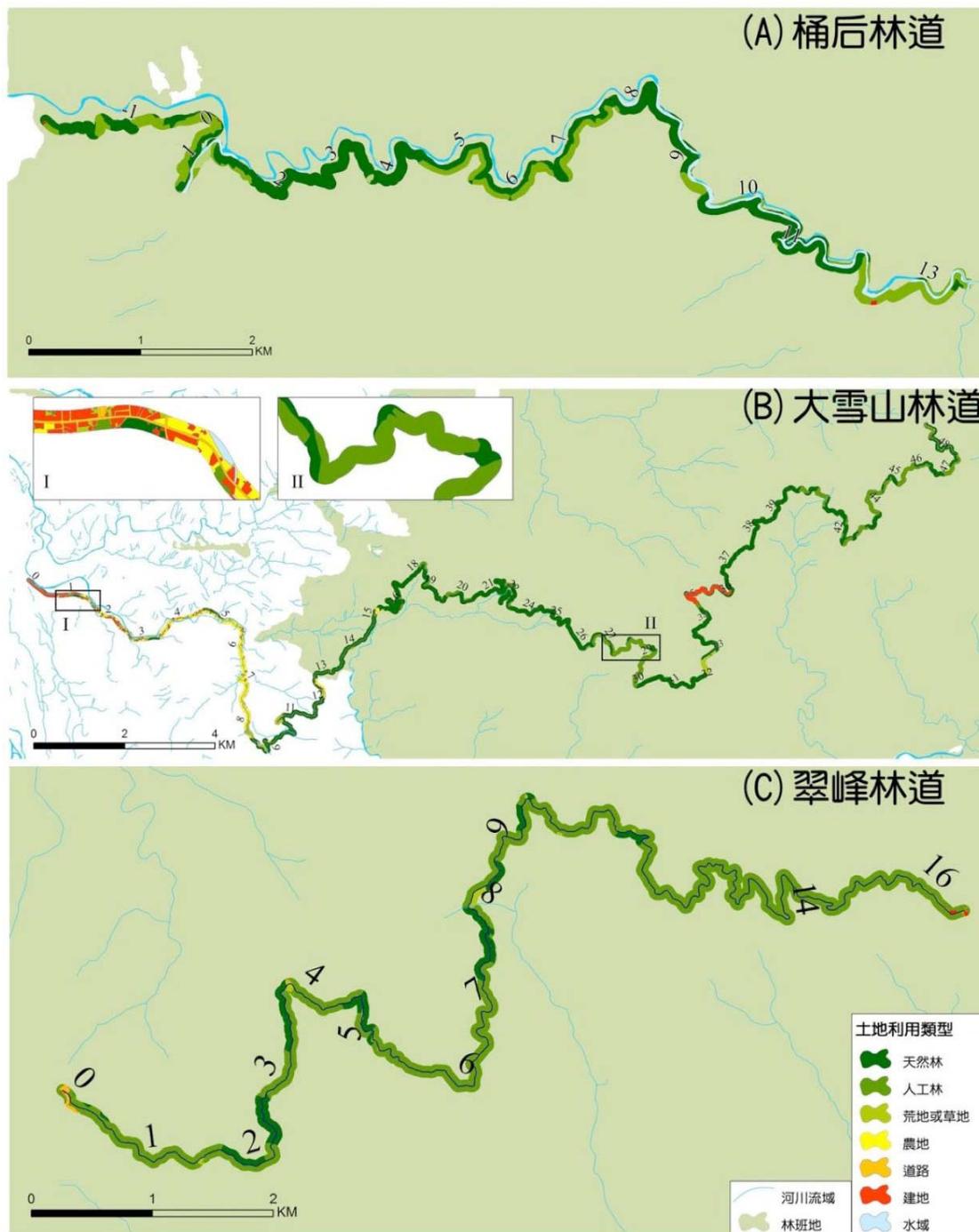
翠峰林道沿線無聚落，屬太平山森林遊樂區範圍因此亦受宜專一線的收費站和總量管制等措施限制，此外進入林道需於入口處申請乙種入山證，夜間則禁止車輛進入。林道沿線遊憩點眾多，包括翠峰湖步道等。

翠峰林道今年由於泰利颱風和蘇拉颱風影響，分別於6月20日至22日、7月31日至9月8日和9月27日至29日暫時封園，共封園46天。

表 5.1-1 調查林道現況整理

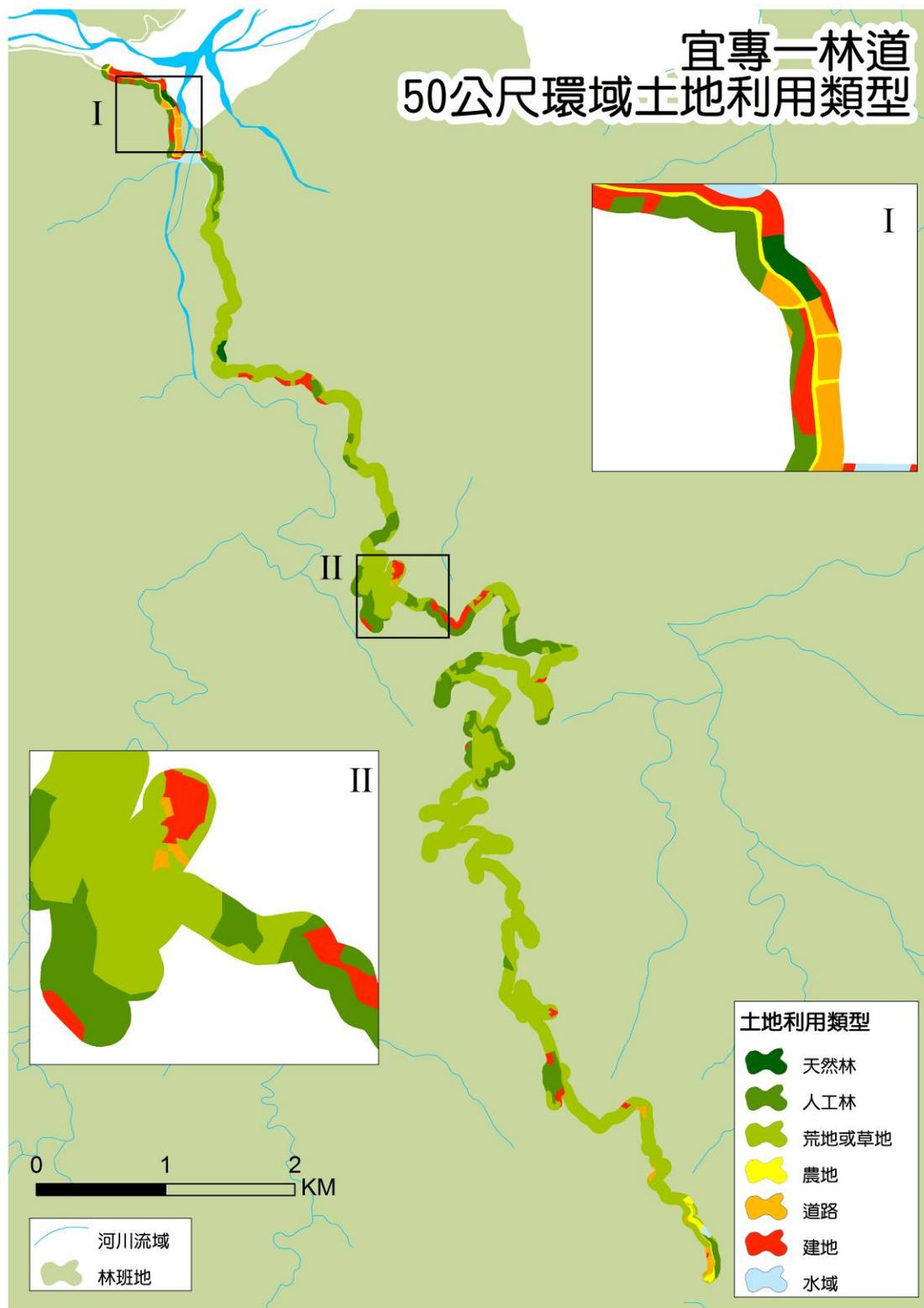
林道	規格	全長* (km)	海拔(m)	聚落	管制類型和里程
桶后林道	丙種林道	13.72	210-450	無	乙種入山證(3k)
					林務局管制站(2k)
					週末及每年 5-10 月總量管制
大雪山林道	甲種林道	48.91 (13k 後才進入林班地)	350-900-2580	中坑村	遊樂區收費站(35k)
					森林遊樂區夜間禁止車輛出入
					森林遊樂區總量管制每日 2200 人次
宜專一線	公路系統 雙車道	25.61	350-1950	無	遊樂區收費站(2k)
					森林遊樂區夜間禁止車輛進入
					春節期間動態總量管制每日 3000 人次
翠峰林道	山嶺區六級單車道	16.49	1850-2150	無	遊樂區收費站(同宜專一線)
					森林遊樂區夜間禁止車輛出入
					乙種入山證(0k)
					林務局管制站(0k)

\*此處林道全長為以林道圖層利用 GIS 校正過後的長度，非實際里程碑顯示長度



桶后林道(A)、大雪山林道(B)與翠峰林道(C) 周圍 50 公尺土地類型與林班地範圍、水系分布

圖 5.1-1 桶后、大雪山與翠峰林道沿線土地利用類型、林班地範圍與水系



宜專一線周圍 50 公尺土地類型與林班地範圍、水系分布

圖 5.1-2 宜專一線林道沿線土地利用類型、林班地範圍與水系

## 5.2 各林道調查結果

本計畫自100年11月至101年10月間共進行6條林道的道路致死調查共139天次，記錄到四大類脊椎動物共2519筆的道路致死屍體，少數完全無法辨識類群的屍體和昆蟲等無脊椎動物的道路致死紀錄不包含在內，此外本計畫調查期間在與林道相連的地方道路上記錄的道路致死動物屍體亦不納入本報告統計分析。

本計畫主要調查林道為桶后、大雪山、宜專一線和翠峰，4條林道均進行了30次的調查(宜專一線31次)，而在前測階段亦納入考量的大鹿和樂山林道僅於5月以前各進行了9次的調查。此外本年度夏季和秋季調查期間受泰利和蘇拉等颱風影響，各林道均有交通中斷的情形，除大雪山林道受影響較小外，其他3條林道封閉時間均超過1個月以上，因此本報告進行各項結果分析和討論時，將視各林道資料狀況決定是否納入統計分析和討論，在進行各林道、道路致死動物類群和物種分析時會將6條林道資料全部納入，但在討論道路致死資料的時間變化以及各林道熱點分布時則僅針對有進行完整調查的4條主要林道，而在分析環境和結構因子對道路致死的影響時則會選擇資料受影響最小的大雪山林道進行。此外，由於大雪山林道0-13k的路段並非林班地範圍，其在海拔、環境和棲地現況、車流量和後續改善對策可行性等方面均與13k-50k的林班地範圍路段有很大的差異，因此本報告亦嘗試將大雪山林道資料分為林班地內和林班地外兩個路段進行分析討論。

### 5.2.1 各林道各類群動物道路致死調查結果

#### (1) 各類群動物道路致死科數、種類與隻次

本計畫6條林道的道路致死動物調查共記錄到14科17種53隻的鳥類(其中有27筆屍體無法辨識到種)、哺乳類5科13種51隻(其中16筆屍體無法辨識到種)、兩棲類4科11種1825隻(其中398筆屍體無法辨識到種)、爬行類9科46種590隻(其中98筆屍體無法辨識到種)。各類群動物以爬行類種類最多，數量則以兩棲類最多。

完整的道路致死動物名錄和各種類於各林道的發現數量請見附錄四，表5.2.1-1為各林道各類群的調查結果統計。4條有進行完整調查的林道中，大雪山林道在4個類群的發現種類數和數量均居冠，主要因為大雪山林道林班地範圍外的路段仍有當地居民頻繁利用，未管制路段較長而有較多各類人為活動(收費站位於35k)，且調查期間受到颱風影響封閉的時間最短，另外其涵蓋海拔範圍最廣也是記錄種類豐富的原因之一。

比較單次調查道路致死發現數量，桶后林道以100年11月28日發現125筆紀錄最多；大雪山林道在101年9月下旬和10月的調查都有單次超過200隻的紀錄；宜專一線單次最大量為101年4月14日的63筆紀錄；翠峰林道為101年6月1日的10筆紀錄。

表 5.2.1-1 各林道各類群調查結果統計

類群	統計項目	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
鳥類	科數統計	0	14	1	2	0	0	14
	種類數統計	0	16	0	1	0	0	17
	無法辨識屍體數量	0	23	2	2	0	0	27
	數量統計	0	48	2	3	0	0	53
哺乳類	科數統計	3	5	2	2	0	1	5
	種類數統計	3	9	3	4	0	1	13
	無法辨識屍體數量	1	6	4	1	4	0	16
	數量統計	7	27	7	5	4	1	51
兩棲類	科數統計	3	4	3	2	3	1	4
	種類數統計	5	10	8	2	5	1	11
	無法辨識屍體數量	107	210	56	2	23	0	398
	數量統計	317	1209	203	41	54	1	1825
爬蟲類	科數統計	5	9	7	4	8	2	9
	種類數統計	17	38	22	11	10	2	46
	無法辨識屍體數量	7	75	6	0	10	0	98
	數量統計	69	356	97	18	46	4	590

(2) 各類群動物道路致死密度估算

以「每次每公里平均道路致死數量」來計算道路致死密度(Roadkill density)，各林道各類群動物的計算結果見表5.2.1-2(大雪山林道分別再計算林班地內和外的道路致死密度)，桶后林道每次每公里平均可發現0.84隻道路致死動物屍體；大雪山林道道

路致死密度最高，每次每公里可發現1.12隻；宜專一線每次每公里為0.39隻；翠峰林道每次每公里僅有0.14隻。

分類群來看，各林道鳥類和哺乳類的道路致死密度均低，差異不大，以大雪山林班地外的鳥類道路致死密度稍高。各林道以兩棲類道路致死密度差異最大，最高者為大雪山林班地外，桶后林道次之。爬行類亦以大雪山林道林班地外的道路致死密度居各林道之冠。

表 5.2.1-2 各林道各類群道路致死密度

林道	調查長度(km)	調查次數	總調查長度 (次*km)	道路致死密度					
				全類群	鳥類	哺乳類	兩棲類	爬行類	
桶后	15.62	30	468.45	0.84	0	0.01	0.68	0.15	
大雪山	48.91	30	1467.15	1.12	0.03	0.02	0.82	0.24	
林班地	內	36.19	30	1085.80	0.36	0.01	0.01	0.20	0.14
	外	12.71	30	381.50	3.27	0.10	0.04	2.60	0.53
宜專一	25.61	31	793.94	0.39	0	0.01	0.26	0.12	
翠峰	16.49	30	494.55	0.14	0.01	0.01	0.08	0.04	

密度單位為(隻/次\*公里)

### (3) 道路致死動物類群種類與數量初步比較

將大雪山林道區分為林班地內和林班地外兩路段與其他林道比較各類群動物的道路致死種類和數量(圖5.2.1-1)，在種類部份，各林道均以爬行類道路致死的種類數最多，其他類群大致上為兩棲類多於哺乳類，鳥類最少，但大雪山林道林班地外的鳥類種類較兩棲類和哺乳類多，而翠峰林道哺乳類種類數多於兩棲類和鳥類。在數量上各林道則均以兩棲類最多，其次為爬行類，鳥類僅大雪山林道(外)紀錄稍多，其他林道數量均極少，哺乳類數量在各林道均不多。

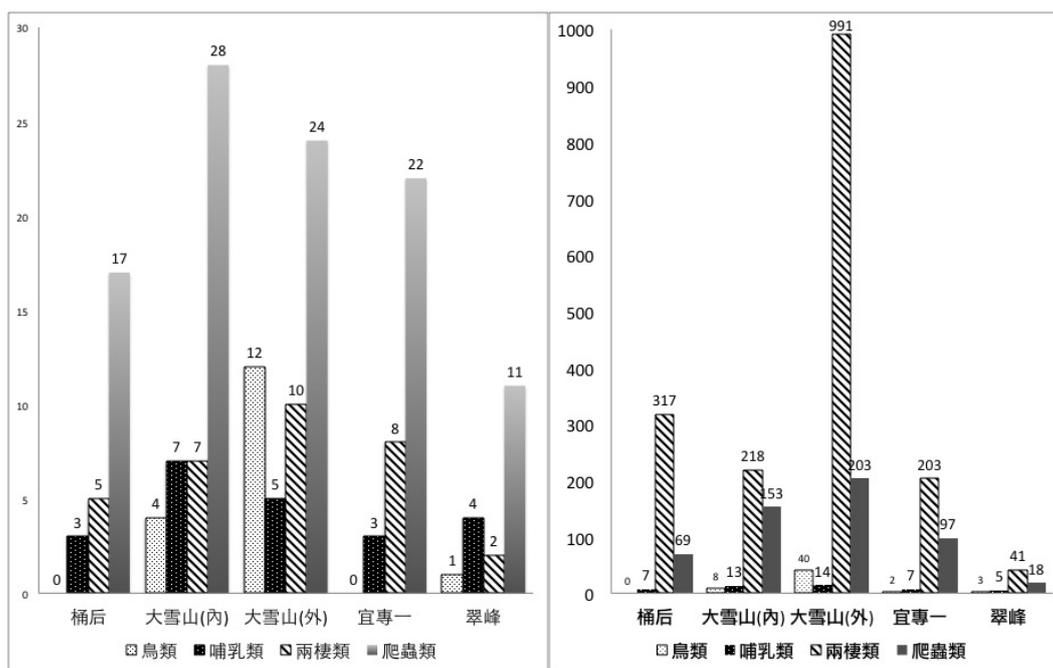


圖 5.2.1-1 各林道各類群調查結果種類(左)和數量(右)比較圖

(4) 各林道道路致死動物類群種類與數量分項比較

進一步將紀錄較多的兩棲類和爬行類動物依棲地或型態再分項進行各林道數量比較，分項方式如表5.2.1-3。桶后林道和大雪山林道林班地內外都以溪流蛙類數量最多，宜專一線和翠峰林道則以蟾蜍最多，爬行類各林道均以蛇類數量較多，但大雪山林道林班地外的石龍子和攀蜥所佔比例亦高(圖5.2.1-2)。

表 5.2.1-3 各類群動物細項區分方式說明

類群	細項	包含物種說明
兩棲類	溪流蛙	偏好於溪流環境活動的種類，包括梭德氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙、褐樹蛙
	蟾蜍	盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍
	其他蛙	非屬上述兩項或無法鑑定的兩棲類
爬蟲類	蛇	所有蛇類
	攀蜥	短肢攀蜥、黃口攀蜥、呂氏攀蜥、斯文豪氏攀蜥和無法鑑定種類的攀蜥
	石龍子	臺灣蜓蜥、印度蜓蜥、麗紋石龍子、中國石龍子和無法鑑定種類的石龍子
	其他爬行	非屬上述三項或無法鑑定的爬行類

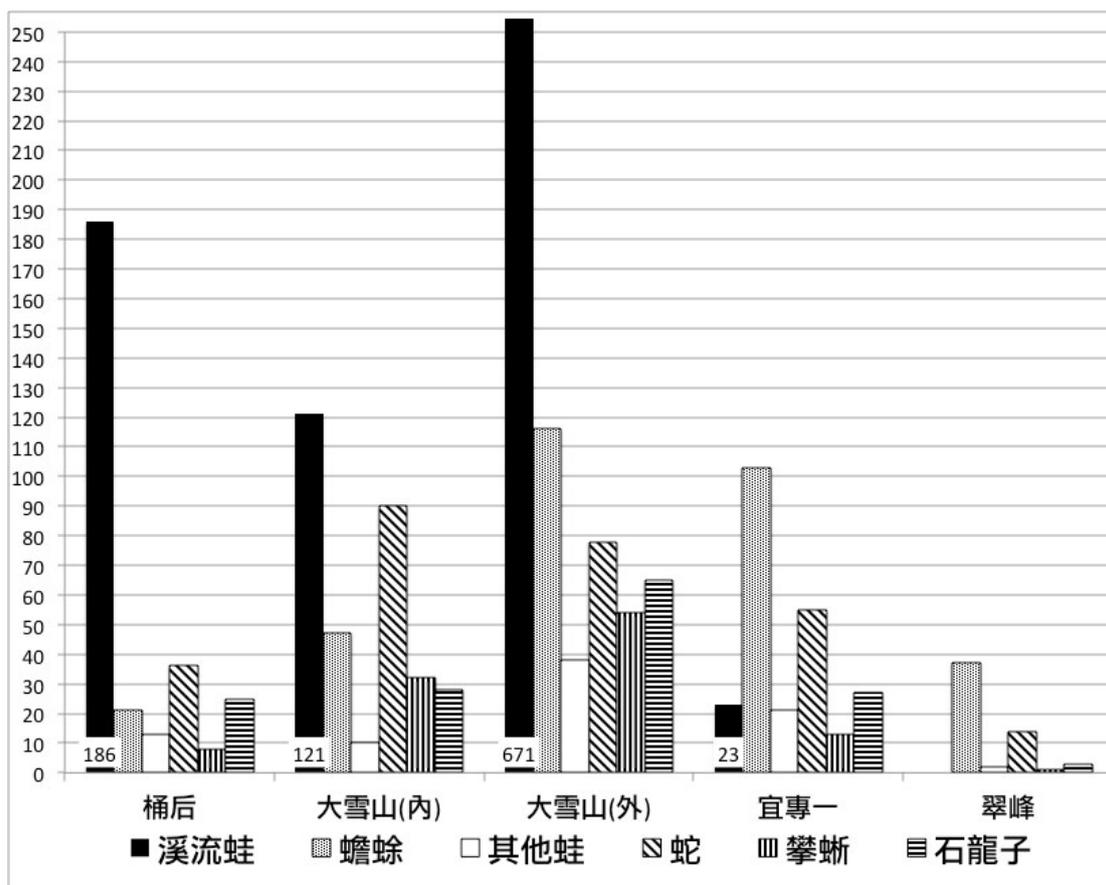


圖 5.2.1-2 各林道各類群細項道路致死數量比較圖

## 5.2.2 道路致死各類群物種概述

### (1) 鳥類

發現的53筆鳥類紀錄中，有約半數因為屍體狀況不佳而無法辨識物種，可辨識的有14科17種，其中噪眉科有4種最多。數量上各鳥種均少，以白腰文鳥5隻最多。

可辨識的鳥類中，除翠峰林道有1隻臺灣噪眉外，餘均為大雪山林道的紀錄。道路致死地點海拔超過1500公尺的種類包括黃胸藪眉、東方毛腳燕、臺灣噪眉、白尾鴿和小鶯，其他種類的發現海拔都在900公尺以下。

### (2) 哺乳類

發現的51筆哺乳類紀錄中，有約三分之一因為屍體狀況不佳

而無法辨識物種，可辨識的種類有5科13種，其中鼠科和尖鼠科各有4種最多。數量上以刺鼠的15筆紀錄最多，刺鼠是臺灣中低海拔森林環境最優勢的小型哺乳動物之一。

超過半數的哺乳類是在大雪山林道發現的。各種類中，出現在海拔1500公尺以上的有高山田鼠、高山白腹鼠、長尾麝鼯、臺灣煙尖鼠、細尾長尾鼯、鼯鼠sp.和彩蝠。刺鼠的紀錄分布在海拔403-1297公尺之間，小黃腹鼠分布在386-1339公尺間，是兩種分布海拔較廣的哺乳類。此外桶后林道的條紋松鼠紀錄海拔為365公尺，是本種較低的分布紀錄。

### (3) 兩棲類

發現的1825筆兩棲類紀錄中，有22%因屍體狀況不佳而無法辨識物種，可辨識的種類有4科11種，其中赤蛙科和樹蛙科各有4種最多。數量上以梭德氏赤蛙的840隻最多，其次為盤古蟾蜍的332隻、褐樹蛙95隻、莫氏樹蛙39隻和拉都希氏赤蛙30隻。

全部的兩棲類中有66%是在大雪山林道記錄，桶后林道和宜專一線各佔17%和11%，翠峰林道海拔較高，記錄的兩棲類數量較僅進行9次調查的大鹿林道還少。數量最多的梭德氏赤蛙以大雪山林道林班地外的路段記錄最多，各林道發現紀錄的海拔範圍為221-2168公尺，最大量出現在600-750公尺、450-500公尺和1000-1050公尺間(圖5.2.2-1)。數量次之的盤古蟾蜍在各林道均有紀錄，發現紀錄的海拔範圍為220-2567公尺，最大量出現在800-850公尺間，而1950-2000公尺間和350-700公尺間亦有較多數量。其他發現種類中，白領樹蛙、褐樹蛙和拉都希氏赤蛙多出現在1000公尺以下，莫氏樹蛙和斯文豪氏赤蛙則從海拔200-2000公尺均有紀錄。

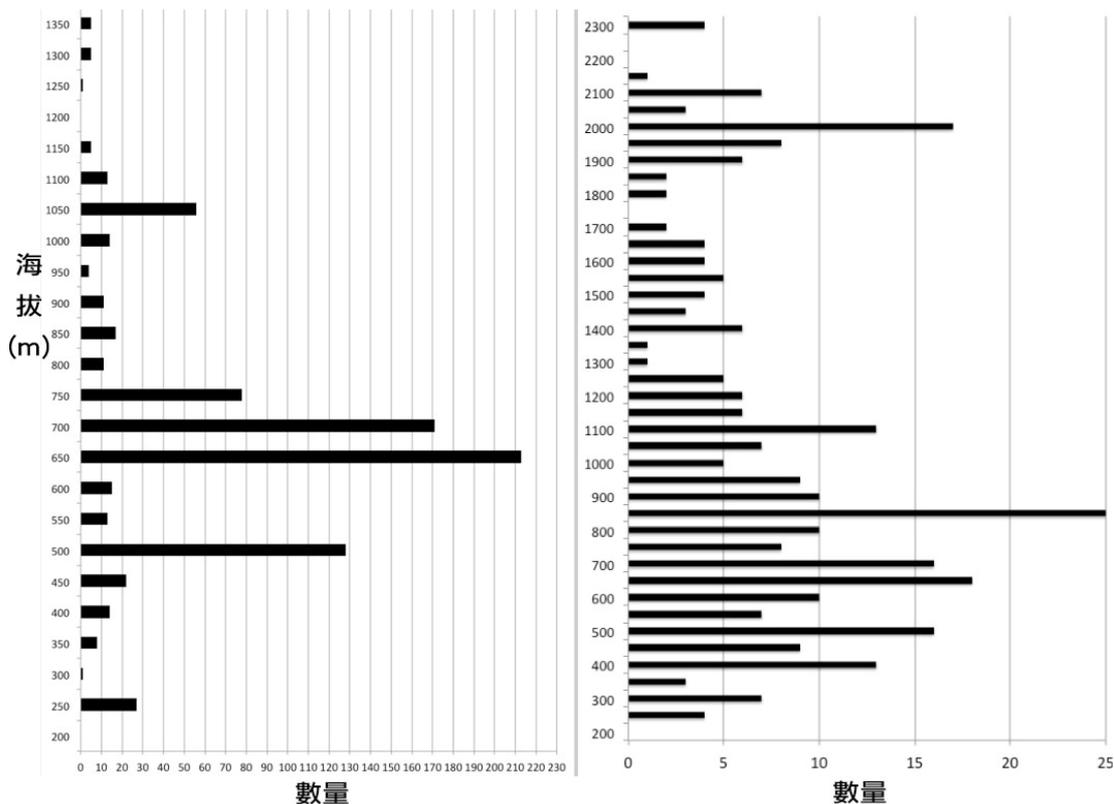


圖 5.2.2-1 梭德氏赤蛙(左)和盤古蟾蜍(右)道路致死紀錄海拔分布圖

(4) 爬行類

發現的590筆爬行類紀錄中，有17%因屍體狀況不佳而無法辨識物種，可辨識的種類有9科46種，其中黃領蛇科有24種的紀錄。爬行類紀錄中數量最多的依序是印度蜓蜥(89)、黃口攀蜥(46)、青蛇(36)和臺灣鈍頭蛇(31)。

將爬行類資料分為蜥蜴類(圖5.2.2-2)和蛇類(圖5.2.2-3)進行主要4條調查林道的比較，蜥蜴類的幾種優勢種中，印度蜓蜥和黃口攀蜥均未在翠峰林道發現，印度蜓蜥以大雪山林道林班地外紀錄最多；斯文豪氏攀蜥和短肢攀蜥主要均於大雪山林道記錄，斯文豪氏攀蜥在林班地內外均有分布，但林班地外數量較多，短肢攀蜥則僅於林班地內有紀錄；麗紋石龍子在各林道均有紀錄。蛇類中除了少數種類如梭德氏游蛇、大頭蛇、青蛇和過山刀外，其他種類均以大雪山林道數量較多，梭德氏游蛇、大頭蛇和過山刀以宜專一線紀錄較多，青蛇則以桶后林道有較多紀錄。翠峰林

道由於海拔較高，因此種類紀錄較少；大雪山林道林班地內和外的蛇類種類組成並不相同，林班地內外各有19種蛇類紀錄，數量以林班地內的90隻較多，只在林班地內有紀錄的種類有臺灣赤煉蛇、史丹吉氏斜鱗蛇、阿里山龜殼花、高砂蛇、梭德氏帶紋赤蛇、斯文豪氏游蛇、菊池氏龜殼花、過山刀、標蛇和擬龜殼花，只在林班地外有紀錄的則有赤背松柏根、赤腹松柏根、花浪蛇、雨傘節、青蛇、臭青公、眼鏡蛇、細紋南蛇、黑頭蛇和環紋赤蛇，有9種蛇在林班地內外均有紀錄。

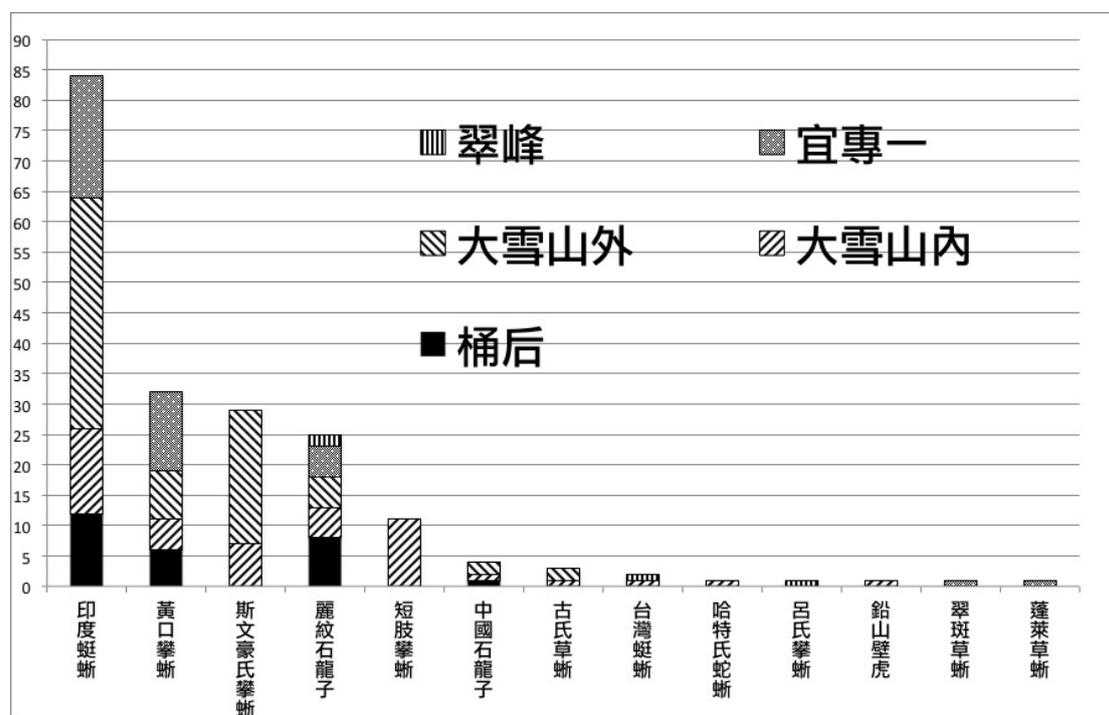


圖 5.2.2-2 主要 4 條林道蜥蜴類道路致死數量

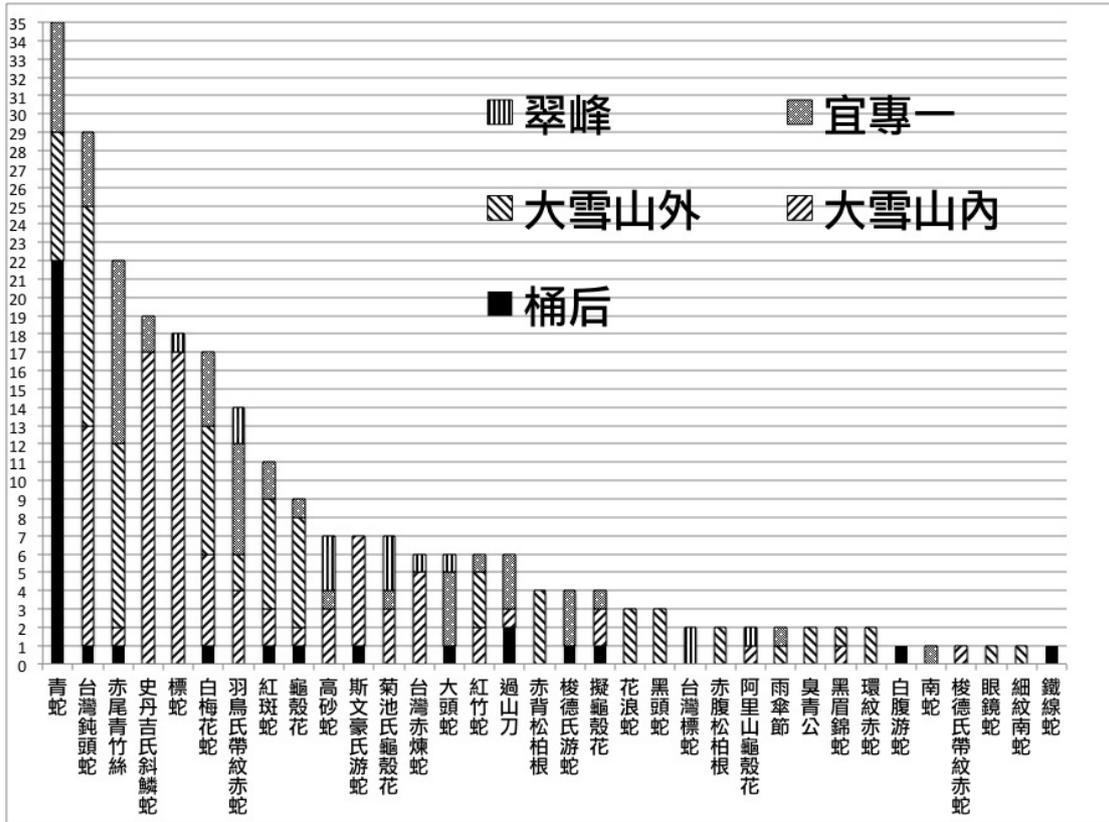


圖 5.2.2-3 主要 4 條林道蛇類道路致死數量

整理道路致死紀錄5筆以上的爬行類發現位置的海拔高度繪製圖5.2.2-4，4種攀蜥類分布海拔範圍有明顯的差異，斯文豪氏攀蜥最高海拔紀錄為1176公尺，短肢攀蜥最低僅出現在1177公尺，黃口攀蜥則是自220-1963公尺都有紀錄，而唯一一筆呂氏攀蜥的紀錄為1992公尺；麗紋石龍子分布範圍從225-2119公尺，印度蜓蜥最高紀錄為1437公尺。分析大雪山林道發現數量較多的幾種蜥蜴類的出現海拔，與其他蜥蜴相較，短肢攀蜥的道路致死點位傾向分布於中海拔路段(圖5.2.2-5，GLM,  $p < 0.001$ )。

僅分布在中高海拔的蛇類有標蛇(1240-2516公尺)、高砂蛇(1906-2420公尺)、史丹吉氏斜鱗蛇(1224-2292公尺)、臺灣赤煉蛇(1622-2430公尺)和菊池氏龜殼花(1993-2574公尺)。青蛇、紅斑蛇、斯文豪氏游蛇、過山刀和龜殼花則多分布在1400公尺以下，白梅花蛇、臺灣鈍頭蛇和赤尾青竹絲則從低海拔至2000公尺左右均有分布。

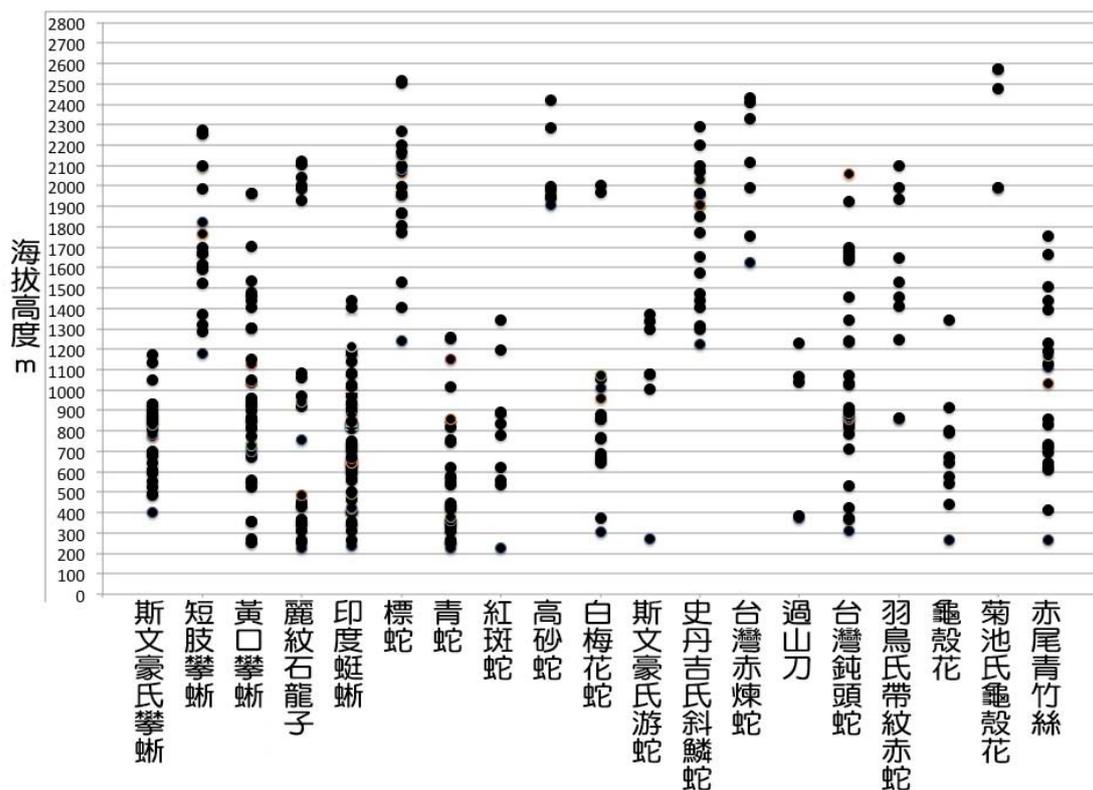


圖 5.2.2-4 主要爬行類道路致死紀錄海拔高度分布

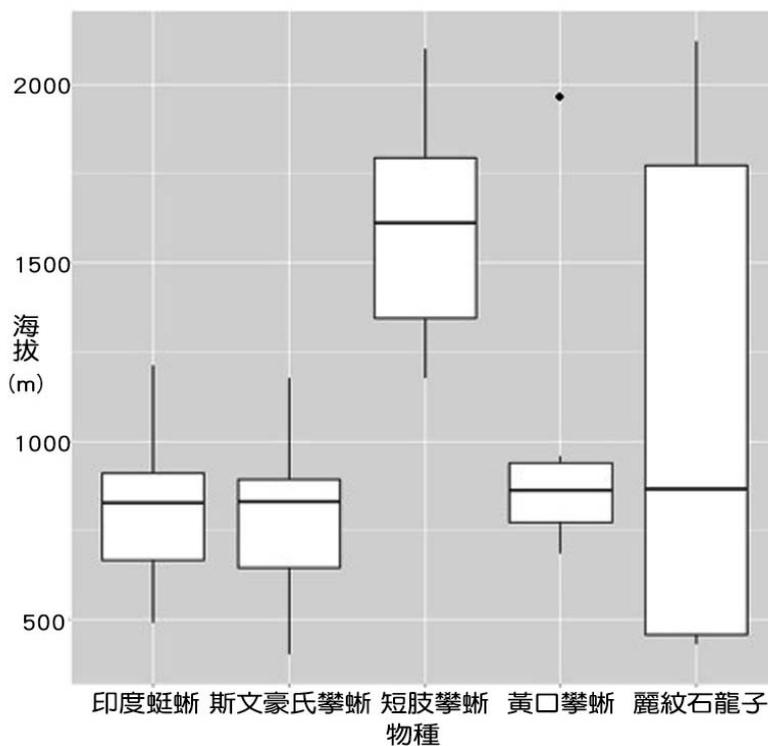


圖 5.2.2-5 大雪山林道蜥蜴類道路致死紀錄海拔比較

(5) 各類群保育類和稀有種道路致死紀錄

本計畫記錄到的道路致死動物中總共包含18種81隻的保育類動物(圖5.2.2-6, 包含桶后林道、大鹿林道、樂山林道、大雪山林道、宜專一線與翠峰林道), 鳥類有屬於第二級珍貴稀有保育類的領角鴉和臺灣畫眉, 以及屬於第三級一般保育類紅尾伯勞和白尾鷓, 爬行類則有第二級保育類呂氏攀蜥、羽鳥氏帶紋赤蛇、阿里山龜殼花、哈特氏蛇蜥和梭德氏帶紋赤蛇, 以及第三級保育類短肢攀蜥、龜殼花、高砂蛇、斯文豪氏游蛇、菊池氏龜殼花、雨傘節、黑眉錦蛇、環紋赤蛇和眼鏡蛇。

發現的道路致死保育類動物中, 以短肢攀蜥19筆紀錄最多, 其次為羽鳥氏帶紋赤蛇的14筆和龜殼花9筆, 高砂蛇、斯文豪氏游蛇和菊池氏龜殼花為7筆。比較各林道保育類動物道路致死紀錄, 以大雪山林道林班地內路段記錄11種34隻最多, 大雪山林道林班地外則有9種16隻, 其他林道保育類紀錄多在5種10隻以下(表5.2.2-1)。

檢視各林道保育類動物道路致死位置, 桶后林道兩筆保育類紀錄均位在林道範圍外, 在起點以西至孝義派出所之間; 宜專一林道的保育類位置無明顯集中趨勢; 翠峰林道的保育類紀錄有半數位於4k以前; 大雪山林道的50筆紀錄中, 有29筆分布在10k-25k這15公里的路段, 進一步以每公里路段來區分, 保育類紀錄最多的路段分別為11k-12k(4筆)、19k-20k(4筆)、20k-21k(4筆)、22k-23k(4筆)和10k-11k(3筆)(圖5.2.2-7)。因此以保育類出現頻度來看, 19k-21k、10k-12k和22k-23k是三處較敏感路段, 出現在這三處路段的保育類以羽鳥氏帶紋赤蛇、短肢攀蜥和斯文豪氏游蛇等爬行類為主。

本計畫記錄的道路致死動物種類中, 鳥類、哺乳類和兩棲類並無稀有種, 爬行類動物若依照向高世等(2009)所著「台灣兩棲爬行類圖鑑」書中建議的標準, 本計畫調查到的物種中有呂氏攀蜥、哈特氏蛇蜥、高砂蛇、赤腹松柏根、羽鳥氏帶紋赤蛇、環紋赤蛇和梭德氏帶紋赤蛇共7種29筆紀錄為屬於稀有種的爬行類動物, 其中大鹿林道有1筆哈特氏蛇蜥, 翠峰林道有6筆紀錄, 宜專

一線有7筆紀錄，大雪山林道林班地範圍外有6筆紀錄，林班地內有9筆紀錄。檢視稀有種的道路致死里程，翠峰林道的6筆紀錄中，有4筆在4k以前，呂氏攀蜥在6.8k，一筆在15.5k；宜專一線的7筆紀錄分布在3.3k至22.6k之間，無明顯集中趨勢；大雪山林道的稀有種紀錄主要集中在10k-13k和18k-23k兩個路段，各有5筆紀錄，其中又以11.8k-12.0k和22.3k-22.6k各有3筆紀錄最為集中，而分布在25k以上者主要為高砂蛇和1筆羽鳥氏帶紋赤蛇。

以保育類和稀有種爬行動物道路致死紀錄的分布來看，大雪山林道11k-12k和22k-23k兩個1公里路段均有最多的道路致死紀錄，為較敏感路段。翠峰林道以4k以前有較多保育類和稀有種爬行動物道路致死紀錄，桶后林道和宜專一線則無明顯集中路段。



圖 5.2.2-6 保育類道路致死動物

表 5.2.2-1 各林道保育類動物道路致死紀錄

保育類	桶后	大雪山 (內)	大雪山 (外)	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	總計
第二級珍貴稀有保育鳥類								
臺灣畫眉			1					1
領角鴉			1					1
第三級一般保育類-鳥類								
白尾鳩		2						2
紅尾伯勞			1					1
第二級珍貴稀有類保育-爬行類								
呂氏攀蜥					1			1
羽鳥氏帶紋赤蛇		4	2	6	2			14
阿里山龜殼花		1			1			2
哈特氏蛇蜥		1				1		2
梭德氏帶紋赤蛇		1						1
第三級一般保育類-爬行類								
短肢攀蜥		11				5	3	19
龜殼花	1	1	6	1				9
高砂蛇		3		1	3			7
斯文豪氏游蛇	1	6						7
菊池氏龜殼花		3		1	3			7
雨傘節			1	1				2
黑眉錦蛇		1	1					2
環紋赤蛇			2					2
眼鏡蛇			1					1

大雪山(內)表示里程 13K 以上林班地範圍內紀錄；大雪山(外)則表示林班地範圍外紀錄

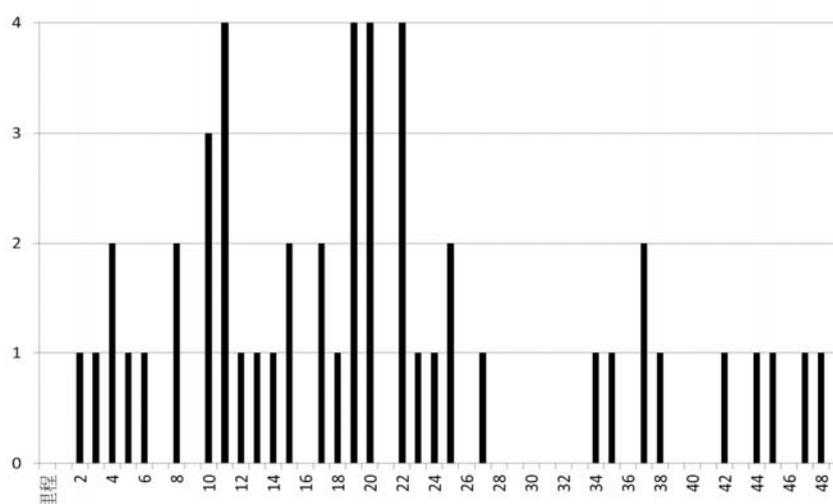


圖 5.2.2-7 大雪山林道每公里保育類動物道路致死數量

(6) 道路致死動物幼體與抱卵紀錄

本計畫調查發現動物屍體時，會嘗試判斷道路致死動物的生活史階段，記錄包括成幼和是否有抱卵等資訊，若屍體狀況良好時，鳥類可以藉由黃口、體型和飛羽狀態等特徵來判斷成幼，兩棲類和爬行類則可藉由體長、體型和體色斑紋等特徵來判斷成幼。

本計畫139次調查共在6條林道記錄到鳥類幼鳥8隻、蟾蜍幼體10隻、攀蜥幼體3隻、石龍子幼體11隻、蛇類幼體74隻，各林道紀錄與照片請見附錄五，將各類群動物分細項檢視其幼體記錄月份(表5.2.2-2)，鳥類、蟾蜍、攀蜥和石龍子的幼體出現月份多在春夏季，而蛇類除夏季幼體較多外，秋季也有不少幼體的紀錄。

本計畫139次調查記錄到抱卵兩棲類3隻、爬行類18隻，各林道紀錄與照片請見附錄六，將各類群動物分細項檢視其抱卵個體記錄月份(表5.2.2-2)，溪流蛙類在11月有發現抱卵個體，攀蜥則於4月至7月有發現抱卵個體，蛇類於6月有抱卵個體。

表 5.2.2-2 各類群動物幼體和抱卵個體記錄月份

類群	鳥	蟾蜍	溪流蛙	攀蜥	石龍子	蛇	總計
幼體							
三月						3	3
四月	1	1			4	5	11
五月	2	4			2	6	14
六月	4	5		1		10	20
七月					3	10	13
八月	1			2		5	8
九月					1	16	17
十月					1	19	20
抱卵母體							
四月		1		2			3
五月				4			4
六月				7		3	10
七月				2			2
十一月			2				2

各月份調查次數不同

(7) 各林道活體動物紀錄

本計畫執行調查時會一併記錄林道沿線於道路兩側活動的動物或排遺、食痕等痕跡，包括連續調查期間夜間於林道上發現的活體。附錄七整理了部份調查時拍攝到的活體紀錄照片。

大雪山林道夜間常可發現蛇類於路面上活動，遊樂區內則常可發現白面鼯鼠於路旁樹上覓食，下行至23k仍可發現其活動，14k路旁有大赤鼯鼠的紀錄，日間亦可在遊樂區內路旁水泥護欄上發現許多飛鼠的排遺。此外日間調查時，常可發現路面上有新鮮的臺灣獼猴排遺或食痕，亦多次目擊臺灣獼猴穿越路面或在路旁樹上活動。日間調查時還有記錄過山羌和黃鼠狼等哺乳動物穿越林道，亦多次發現攀蜥於路面上活動。此外林道上部份地點由於有人為提供食物，常吸引包括長吻松鼠、條紋松鼠、藍腹鷓、黑長尾雉和台灣山鷓鴣等哺乳類和鳥類聚集於路旁覓食。宜專一線和翠峰林道則以臺灣獼猴較穩定有發現，今年度受風災影響而封路，封路期間執行調查多次發現山羌和臺灣山羊在林道上活動。

(8) 其他相關紀錄收集

本計畫除執行各林道道路致死動物調查外，亦多方收集調查林道過去相關的道路致死動物紀錄或文獻，資料來源包括相關研究調查報告、國立自然科學博物館標本、各林管處提供紀錄、各森林遊樂區員工、志工、替代役人員、派出所警員提供紀錄、臺中市野生動物保育學會救傷資料和自然攝影中心網站等網路資料等。

表5.2.2-3整理了目前收集到各林道各類動物死亡數量的相關資料，由於這類資料常缺乏確定的死亡原因和詳細發現地點等資訊，部份紀錄其死因可能不是道路車輛造成，因此本計畫僅作為參考，暫不納入分析。

表 5.2.2-3 各林道非本計畫調查資料收集彙整

物種	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	物種	桶后	大雪山	宜專一	翠峰
鳥類					爬行類				
黑長尾雉		1			呂氏攀蜥			1	
領角鴉		1			印度蜓蜥			1	
鴿鷓		1			麗紋石龍子				1
臺灣叢樹鶯				1	臺灣赤煉蛇		5		
白尾鴿		1			臺灣鈍頭蛇			1	
白腹鶇		2			臺灣標蛇			1	7
繡眼畫眉		1			史丹吉氏斜鱗蛇		1	1	
哺乳類					白梅花蛇				
山羌		5			羽鳥氏帶紋赤蛇	1			
臺灣山羊		1			赤尾青竹絲		1	5	
黃鼠狼		2	1	1	阿里山龜殼花		1		1
鼬獾		2			雨傘節		2	1	
白面鼯鼠		1			青蛇		1		
赤腹松鼠		1			南蛇		1		
條紋松鼠					紅竹蛇		2		
高山白腹鼠		1		1	紅斑蛇		1	1	
臺灣森鼠				1	臭青公			1	
鼯鼠		1			高砂蛇			1	3
兩棲類					黑眉錦蛇				
盤古蟾蜍		1		2	過山刀			2	
莫氏樹蛙			1		標蛇		4		
褐樹蛙			1						

(9) 非目標類群的道路致死紀錄

本計畫執行調查時，亦有發現鱗翅目、鞘翅目和蜻蛉目昆蟲，以及螃蟹、蜈蚣、蝸牛和蚯蚓等無脊椎動物的道路致死屍體，此類動物均非本計畫調查之目標類群，且經常因體型過小而不易發現，本計畫有針對其中部份屍體拍照建檔紀錄，相關照片請見附錄八。

#### (10) 遊客宣導與調查參與嘗試

道路致死課題需要有足夠的道路致死動物資料才能進行後續確認、釐清與減輕工作，這類資料可能的來源之一是用路人、遊客或志工的回報，由於本計畫選擇調查的林道均為知名遊憩景點，遊客量大，因此本計畫擬定於暑假期間，以發送道路致死課題宣導傳單附上調查表格的方式，嘗試讓遊客在瞭解道路致死問題的同時亦能夠協助發現道路致死動物屍體，提供後續相關宣導和資料收集工作參考。

本計畫設計的宣導單和調查表格請見附錄九，傳單提供的相關資訊包括道路致死課題說明、本計畫調查結果、林道路線里程、調查注意事項和道路致死調查表格。由於預定開始執行的八月份桶后林道和太平山森林遊樂區均受風災影響而封閉，因此僅於大雪山森林遊樂區進行試驗。試驗開始前本計畫研究人員先拜訪東勢林管處和大雪山森林遊樂區相關人員、志工、替代役和派出所警員，請相關人員協助發送宣導單和調查表格給來訪遊客，並協助說明，後於7月底開始陸續於大雪山林道沿線的大棟派出所、雪山派出所、遊客服務中心和小雪山資訊站放置宣導單和調查表格(圖5.2.2-8)，並安排於每次執行道路致死調查時補充並回收已填寫的表格。

自7月底至9月中共提供宣傳單850份，回收僅有1份，通報锹形蟲1隻，另外有以電子郵件回報在道路旁活動的黑長尾雉活體1隻。



圖 5.2.2-8 小雪山資訊站放置道路致死宣傳單和調查表格

### 5.2.3 各月份各次調查結果比較

由於桶后林道、宜專一線和翠峰林道自6月下旬以後受風災影響封園時間較長，部份調查日期遇園區或道路封閉而少有車輛進出，道路致死資料較少，因此不適合進行各月份調查結果的比較，因此僅嘗試以大雪山林道資料討論各月的道路致死數量變化，同時亦納入大雪山林道11月份補充調查資料一併討論。

因本計畫包含主調查、增設調查、連續調查和補充調查，各月調查次數不同，且部份調查為連續執行，因此本計畫先於各月份調查中選擇1次結果進行各類群的比較。各月份進行比較的調查日期選擇原則包括不選假日執行的調查、不選封園期間的調查或剛結束封園的調查、連續調查選擇第一天的結果、各月份調查日期盡量間隔2周以上。圖5.2.3-1即為選出的月份各類群動物調查結果。由於各月份僅以1次調查結果代表，樣本數太少，並無法反應實際的動物族群變化或道路致死數量變化的情形，由圖5.2.3-1可大約看出兩棲類和爬行類於春季4月開始有道路致死量增加的情形，鳥類的道路致死量亦以春季較多，此外兩棲爬行類在10月也有增加的趨勢，其中兩棲類10月份和11月份很明顯有高峰，主要是梭德氏赤蛙和盤古蟾蜍數量增加所致。

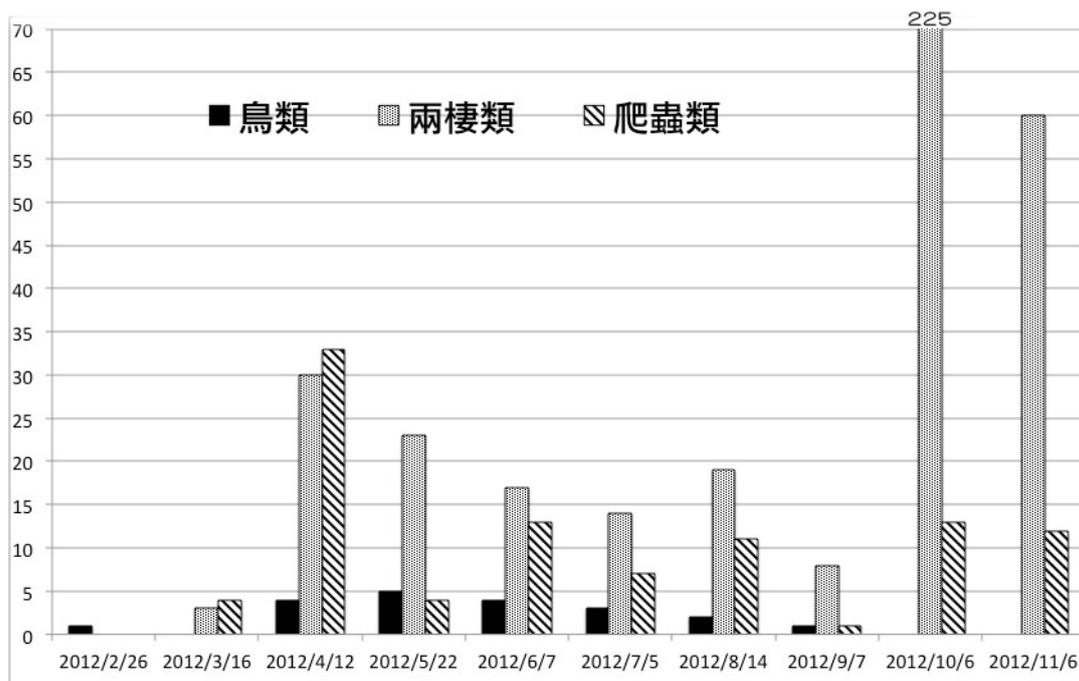
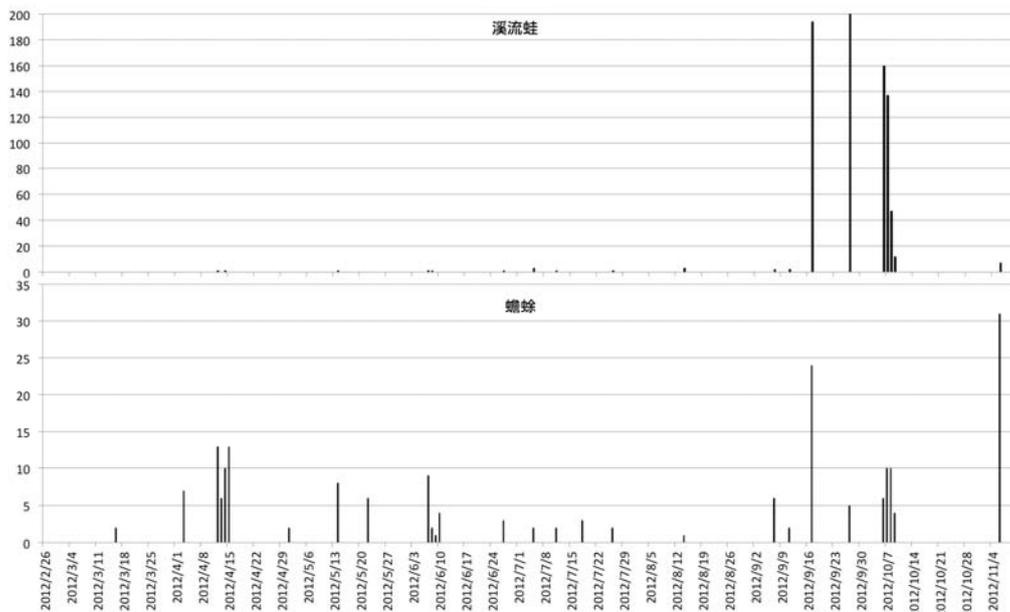


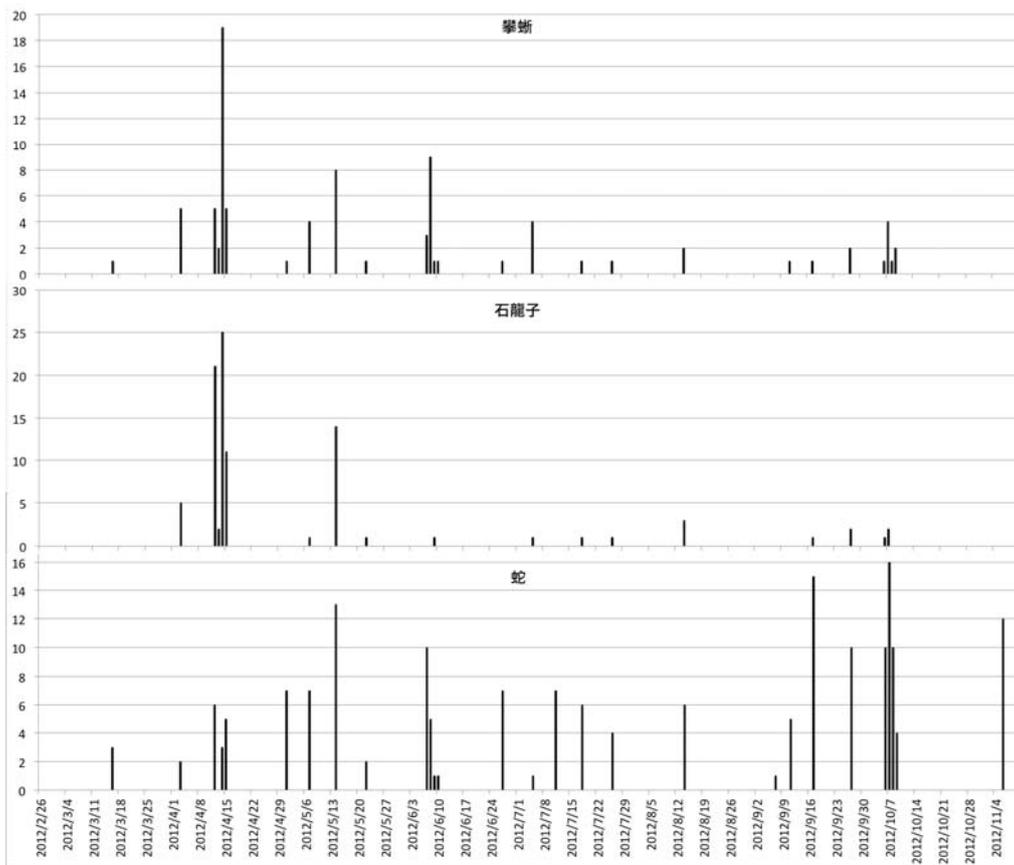
圖 5.2.3-1 各月份各類群記錄數量比較

進一步將大雪山林道各次調查到的各類群細項數量分別統計作圖，溪流蛙類各次調查有零星紀錄，但9月中開始進入高峰期，至10月上旬數量仍多，但11月上旬調查數量已明顯減少(圖5.2.3-2)；蟾蜍以4月至6月數量較多，6月後減少，但9月開始數量又回升，10月和11月初調查數量均多。溪流蛙類和蟾蜍在秋季的高峰均與其繁殖季大量遷移行為有關。爬行類中攀蜥(圖5.2.3-3)高峰主要自4月至6月，9月和10月數量又有些微增加，其中短肢攀蜥出現季節似乎較短；石龍子高峰主要集中在4月至5月；蛇類各月份均有較穩定的記錄，高峰可能在5月和9月至11月，此外分析蛇類歷次調查記錄結果，各月份皆有高度物種變異性(圖5.2.3-4)。



上圖為溪流蛙，下圖為蟾蜍

圖 5.2.3-2 各次調查兩棲類數量比較



上圖為攀蜥，中圖為石龍子，下圖為蛇

圖 5.2.3-3 各次調查爬行類數量比較

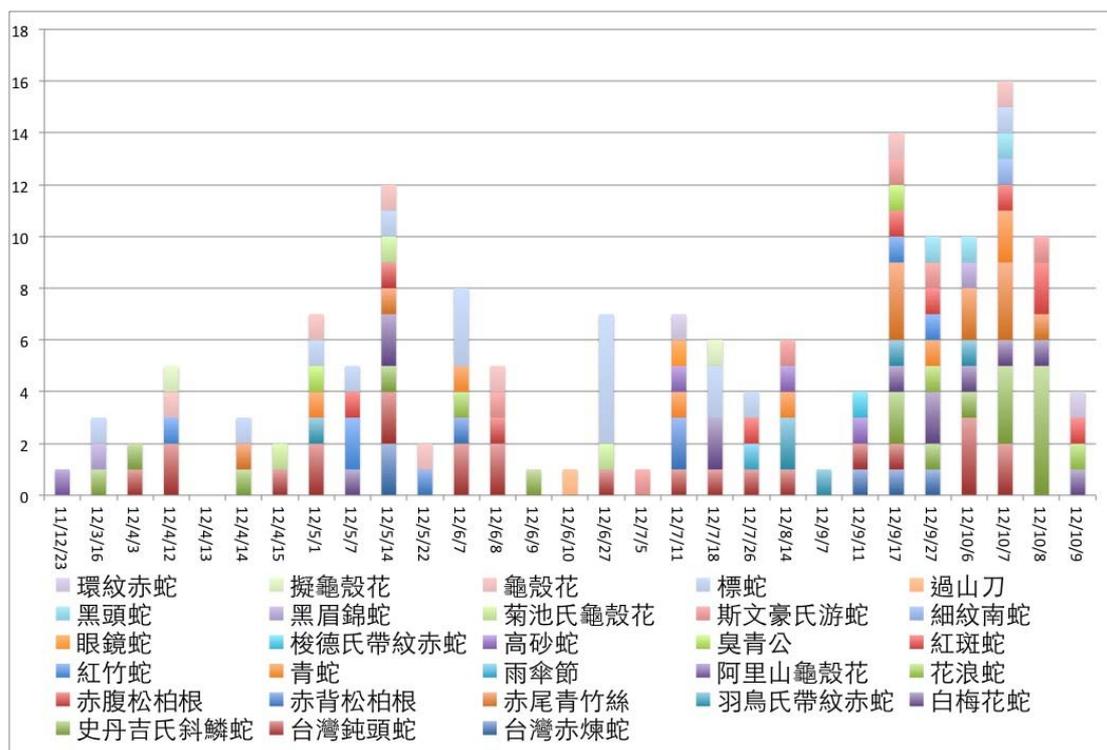


圖 5.2.3-4 各次調查蛇類數量和組成

### 5.2.4 假日與非假日逐日調查資料分析

本計畫排定3次涵蓋假日的連續調查，嘗試分析連續調查期間假日和非假日的路死數量差異，以瞭解遊客和車流量可能的影響。根據大雪山森林遊樂區99年1月至100年12月兩年間的逐日統計資料(林務局提供)，大雪山森林遊樂區平均以星期日有最多的遊客(平均每日1037人次)和車輛入園(圖5.2.4-1)，其次為星期六，週間的遊客和車輛明顯較少。

本計畫調查期間調查林道多次因風災而封閉禁止一般車輛通行，檢視本計畫於林道封閉期間或封閉後剛開放時進行的調查結果，各類動物道路致死數量均極少甚至未發現，由此即可看出車流量與道路致死數量的關係，林道封閉減少車流量除了道路致死數量明顯減少外，調查時亦發現部份野生動物出現在道路兩側或路面上活動，包括中大型哺乳動物臺灣山羊和山羌等。

本計畫4條林道均有3次的連續調查，但桶后林道自8月中即封閉，因此10月份的連續調查不納入比較。各次連續調查均包含2天的

假日資料和1天的非假日資料，將全部資料作圖比較如圖5.2.4-2，可看出除大雪山林道6月外，其他各林道各次調查均以假日發現的道路致死數量明顯較非假日多，此結果與大雪山森林遊樂區遊客和車流量資料吻合，亦符合預期。此外，圖5.2.4-2尚可發現連續兩日的假日調查中，第一天的道路致死數量常高於第二天，推測可能原因之一是遊客帶來的持續人為干擾造成野生動物迴避，不敢在道路附近活動而降低發生道路致死的機率。

本計畫連續調查僅執行3次，且影響各次調查結果的因素眾多，以大雪山林道為例，由於遊樂區收費站外仍有許多景點和住家，且不同的遊憩活動會在不同時間利用道路，對特定習性的野生動物影響也就不同，此外連續調查每天的調查人員誤差以及氣候和氣象對調查結果也有影響，大雪山林道6月份的連續調查即常遇到部份路段有午後雷陣雨發生，下雨可能會使部份兩棲爬行類頻繁活動，但大雨造成的路面逕流又會將道路致死動物屍體沖走，亦會影響調查時的發現率，而同一天調查中各路段的天氣狀況常可能有很大的差異，因此本計畫的連續調查結果並無法用來進一步探討車流量的影響程度。

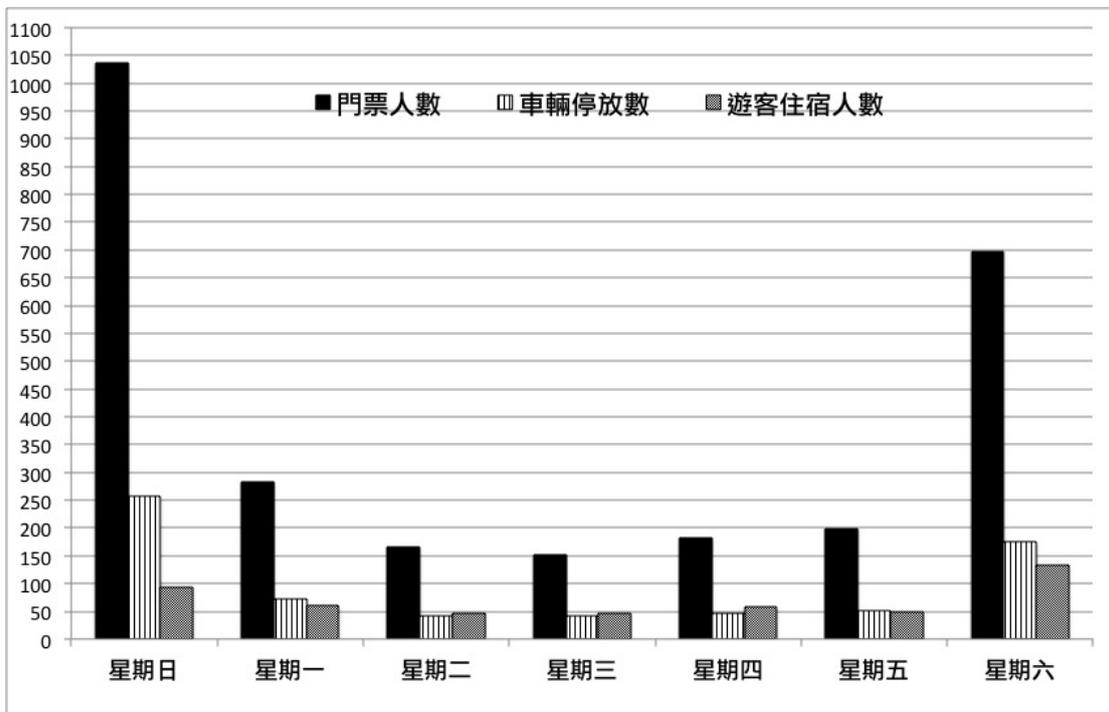


圖 5.2.4-1 99 年 1 月至 100 年 12 月大雪山森林遊樂區遊客統計

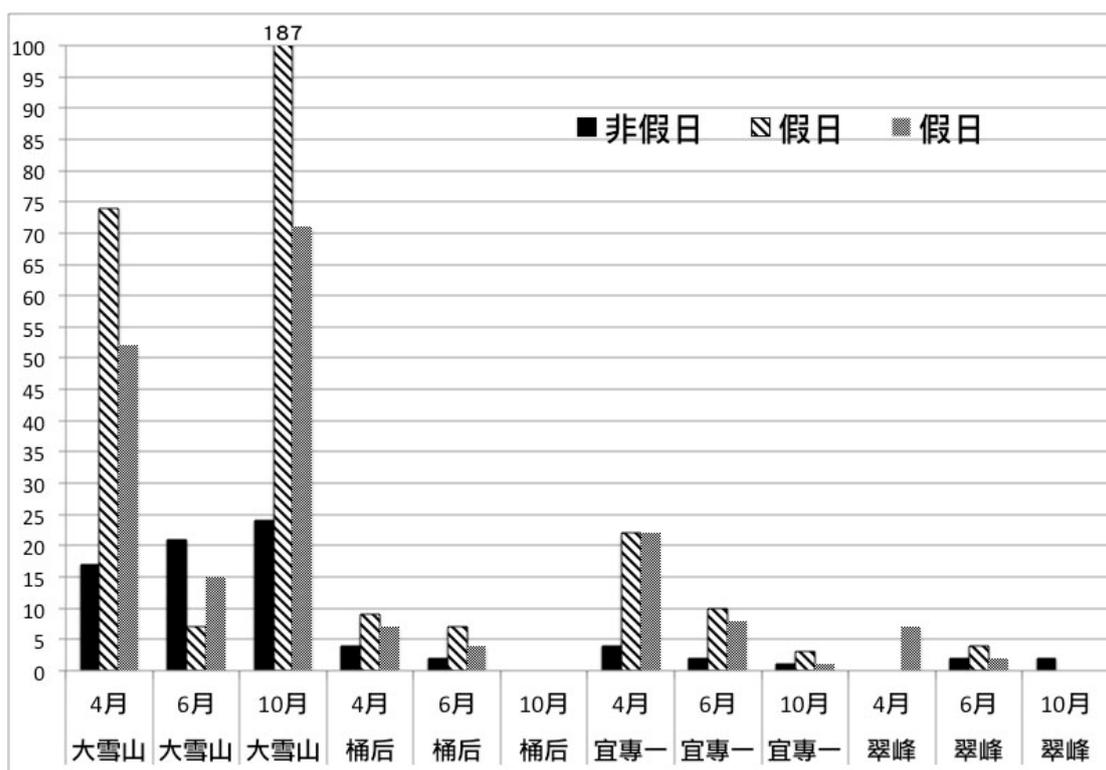


圖 5.2.4-2 本計畫各林道假日和非假日連續調查結果

### 5.3 道路致死熱點分析結果

為探討各林道內道路致死的空間分布與敏感性，本節合併歷次調查結果，以百公尺路段為單元計算累積道路致死數量，配合適當方法進行熱點分布探討。為能有效評估致死熱點的意義，本研究以三種熱點分析方式呈現結果：

#### (1) 不分類群數量熱點

計算各林道每百公尺路段的道路致死所有動物的累積數量，可以初步判斷造成動物道路致死數量最高的風險路段。

#### (2) 分類群空間熱點

各林道道路致死調查皆以兩棲類和爬行類的蛇類道路致死數量最為豐富，因此以ArcGIS 10.0的空間分析工具分別呈現蛇與蛙類(相對於蛇類，後文將兩棲類稱為蛙類，實際上資料包含調查到的所有青蛙和蟾蜍)道路致死熱點的空間關係。

### (3) 物種豐多性熱點

綜合比較各百公尺路段累積道路致死的物種組成與豐多性。

#### 5.3.1 桶后林道道路致死熱點

##### (1) 不分類群道路致死熱點

圖5.3.1-1為桶后林道每百公尺累積道路致死計算結果示意圖，累積數量最高的3個百公尺路段為1.2k-1.3k(14隻)、0.8k-0.9k(11隻)和12.0k-12.1k(11隻)。綜合相鄰路段的結果，可看出0.8k-1.5k、12.0k-12.5k和(-1.8)k-(-0.3)k是三處連續的道路致死熱點路段。

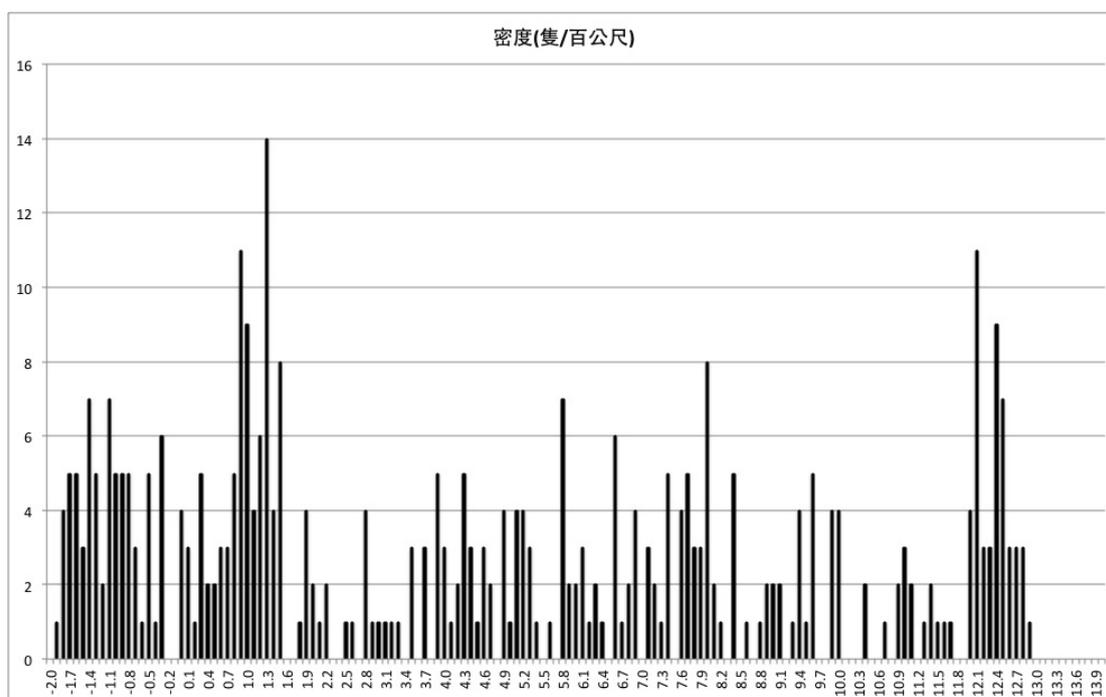
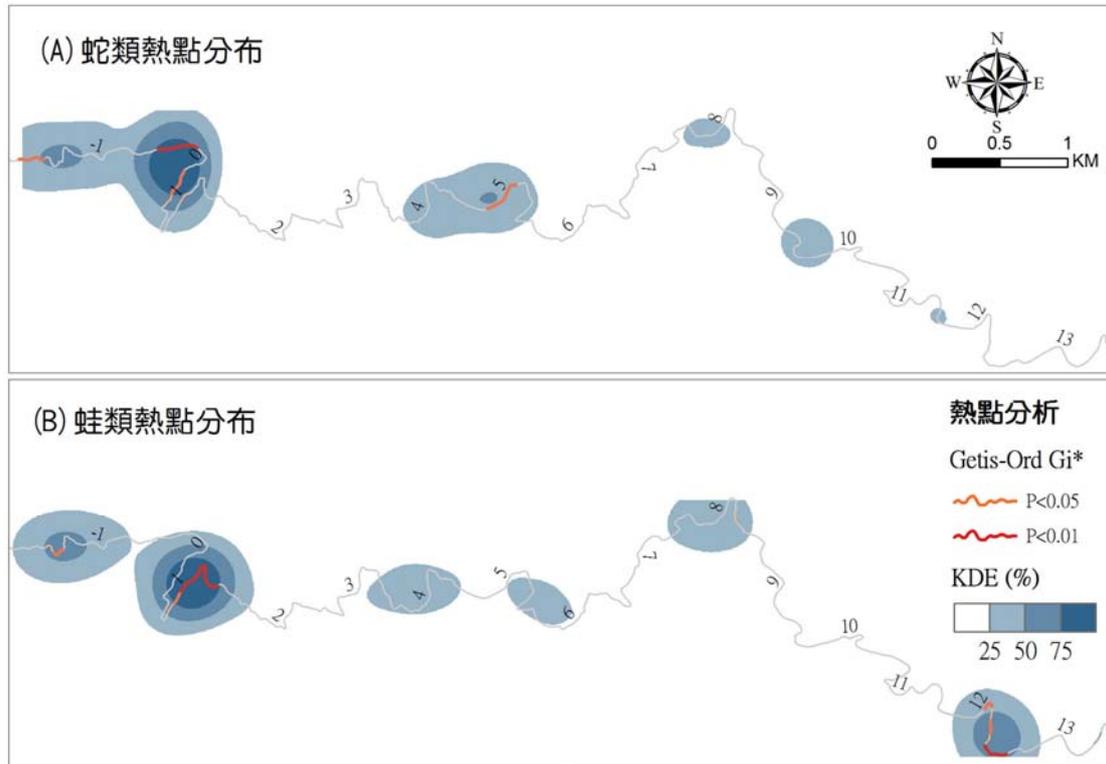


圖 5.3.1-1 桶后林道不分類群道路致死熱點分布

##### (2) 分類群空間熱點

GIS空間分析結果顯示蛇類的熱點主要集中在前半段，分別在(-1.7)k-(-1.6)k、(-0.3)k-(-0.2)k、0.3k-0.4k與4.9k-5.0k有四個顯著熱點(圖5.3.1-2)，核密度結果顯示蛇類的道路致死紀錄主要集中在(-0.3)k-0.4k之間。蛙類由於累積數量較多，在林道前、中、

後段均有顯著熱點，並與相鄰路段形成較明顯的道路致死集中區域，大致包含(-1.4)k前後、0.9k-1.4k、8.0k-8.1k、12.1k-12.2k和12.4k-12.5k等五個路段。



以百公尺為單位所進行的熱點分析(Hot Spot Analysis, Getis-Ord  $G_i^*$ )與核密度估算(Kernel Density)的結果。核密度估算以灰階呈現道路致死紀錄的出現頻度，加粗強化的線段則為Getis-Ord  $G_i^*$ 熱點分析達顯著的百公尺單位路段。

圖 5.3.1-2 桶后林道蛙與蛇類道路致死熱點的空間分布與顯著性分析

### (3) 物種豐富性熱點

以桶后林道資料計算每百公尺單位路段累積道路致死物種數，作為種豐富度熱點的評估標準，計算結果顯示各單位里程道路致死物種豐富度差異不大(圖5.3.1-3)，最高者為(-0.9)k-(-0.8k)和7.3k-7.4k的5種。

由於桶后的道路致死累積總數較低，進一步將百公尺單元整理成500公尺路段如圖5.3.1-4，以凸顯道路致死的數量分布與物種組成概況。比較蛇類與蛙類的道路致死分布可知，桶后林道的蛇類與蛙類道路致死熱點並不一致，在0k之前與孝義派出所之間

約2公里的路段，為蛇類最明顯的分布熱點，而蛙類則在1k與12k前後各有一個明顯熱點，這兩區主要反映100年11月調查所記錄到梭德氏赤蛙秋季繁殖遷移造成的大規模道路致死，除梭德氏赤蛙的季節性發生以外，各種蛙類的致死熱點尚有林道前段有約1公里(-0.5k至-1.5k)範圍，以褐樹蛙與盤古蟾蜍為主，以及林道中段從3.5k到8.5k的5公里區間，各單元路段物種多樣性高，表示此區段經常有各種蛙類跨越。

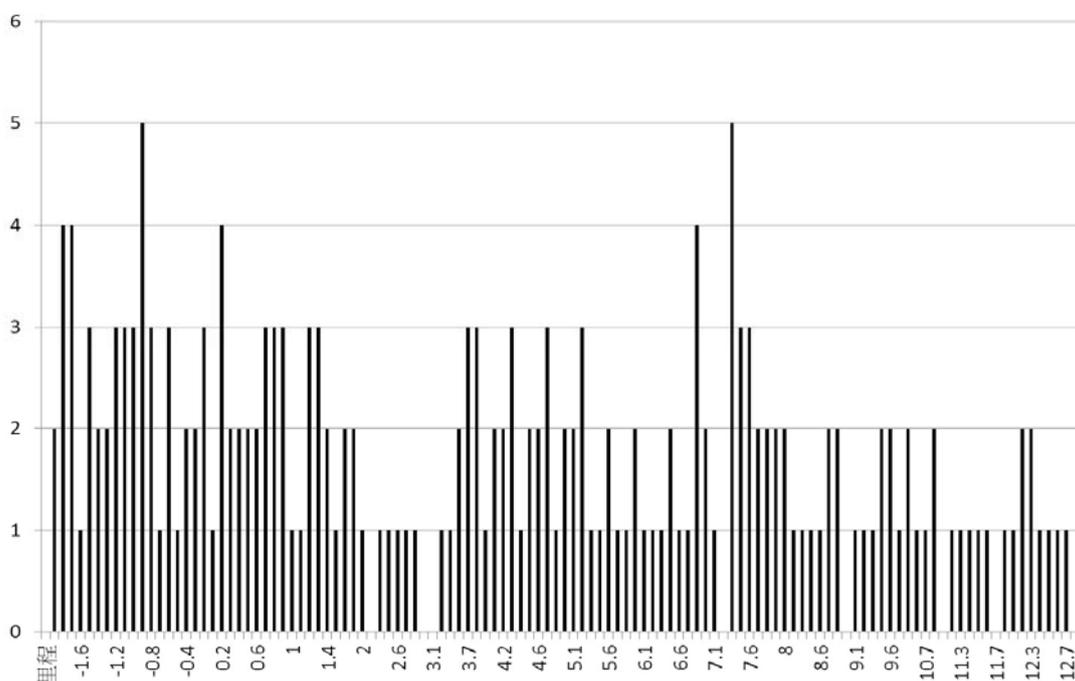


圖 5.3.1-3 桶后林道每百公尺道路致死物種豐度圖

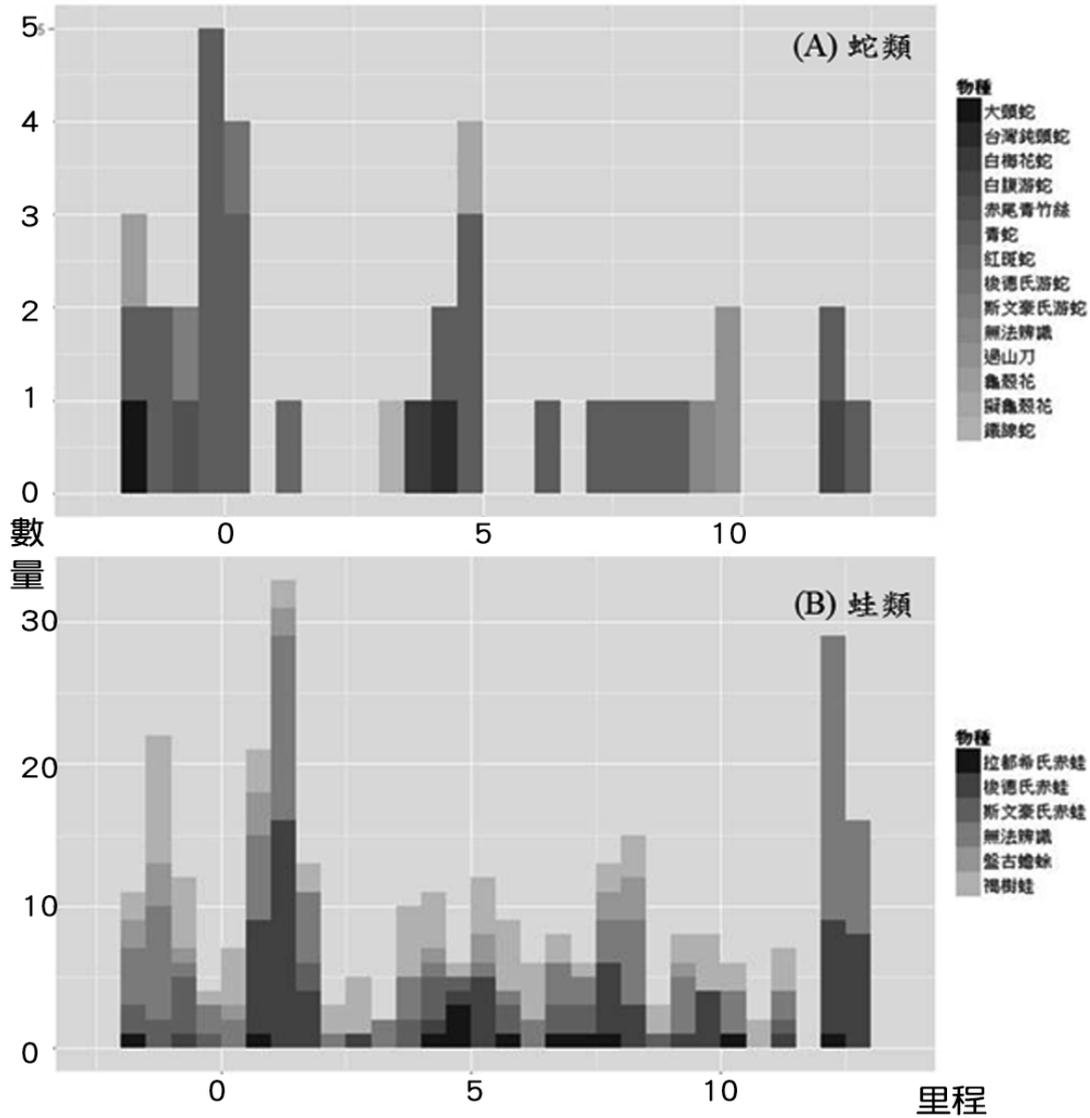


圖 5.3.1-4 桶后林道(A)蛇類與(B)蛙類道路致死物種分布與累積數量

### 5.3.2 宜專一線道路致死熱點

#### (1) 不分類群道路致死熱點

圖5.3.2-1為宜專一線每百公尺累積道路致死計算結果示意圖，宜專一線累積道路致死數量最高的百公尺路段亦僅有7隻的紀錄，分別為0.9k-1.0k和1.7k-1.8k，熱點並不明顯。綜合相鄰路段的結果，以0.9k-1.9k之間累積道路致死數量較多。

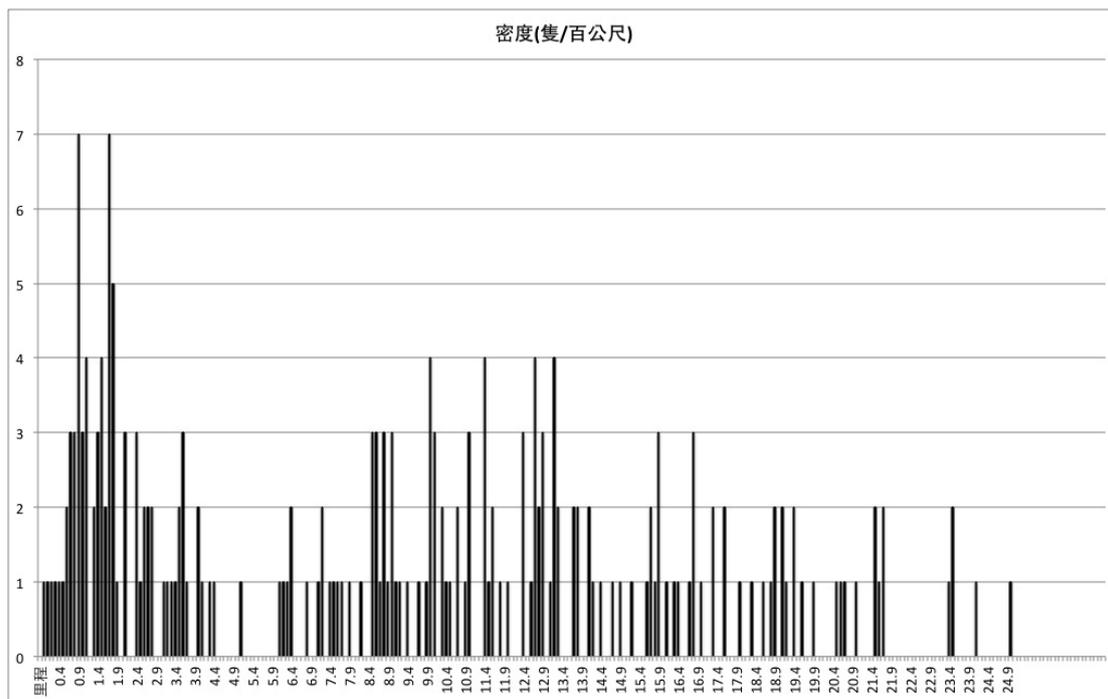
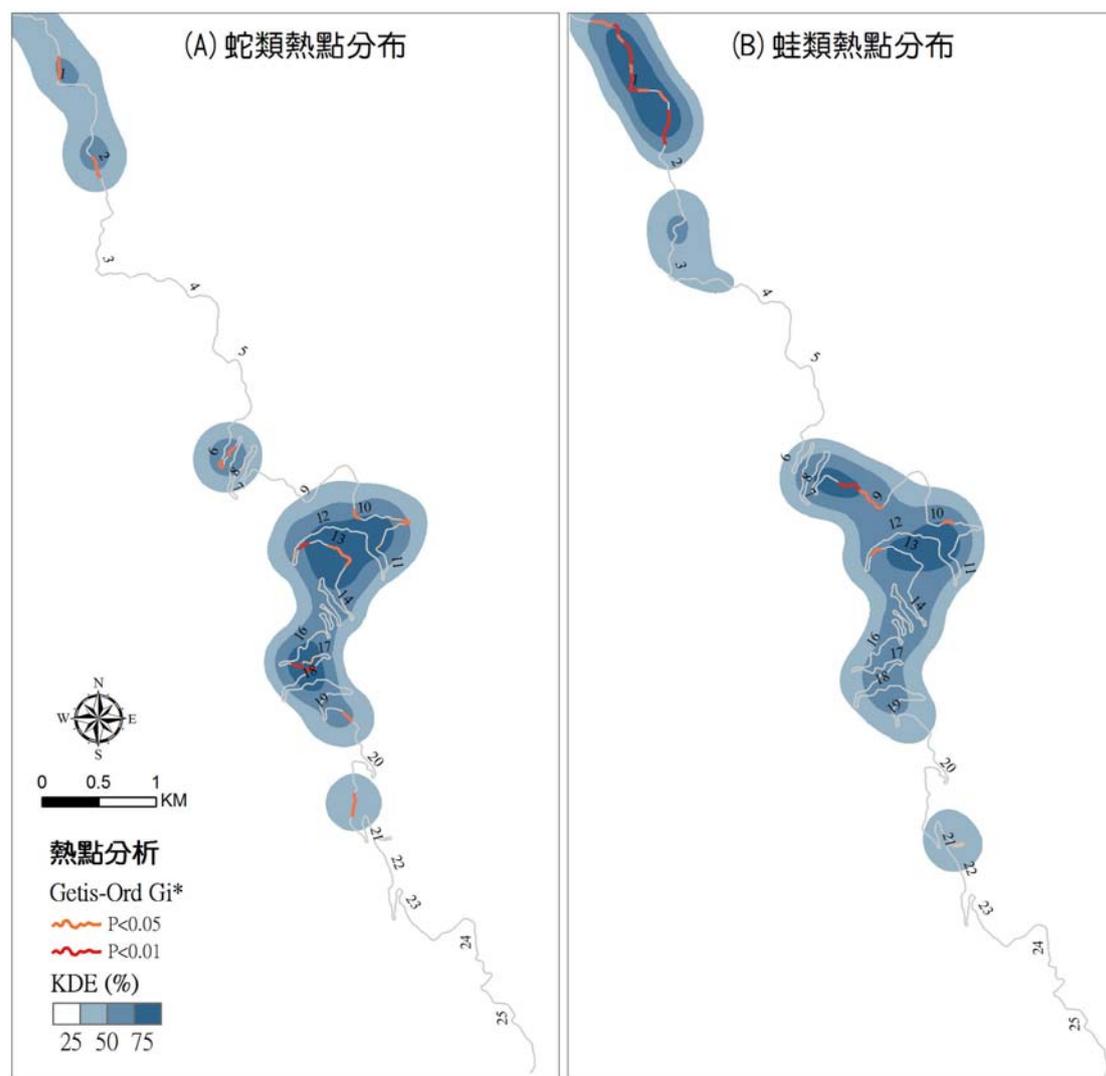


圖 5.3.2-1 宜專一線不分類群道路致死熱點結果

(2) 分類群空間熱點

比較宜專一線蛇類與蛙類的道路致死熱點分布，可以發現兩者具有空間的一致性(圖5.3.2-2)，顯著熱點路段較多的區域皆集中於前段的0k至3k，以及中段的6k至21k兩個潛勢熱區。然而因蛇類與蛙類的道路致死累積資料皆不高，以百公尺路段分析成統計顯著的空間熱點皆不連續，零星分布於上述兩段潛勢熱區中。



以百公尺為單位所進行的熱點分析(Hot Spot Analysis, Getis-Ord  $G_i^*$ )與核密度估算(Kernel Density)的結果以框線強調，由於宜專一線調查資料量較少，熱點僅供參考。核密度估算以灰階呈現道路致死紀錄的出現頻度，加粗強化的線段則為 Getis-Ord  $G_i^*$ 熱點分析達顯著的百公尺單位路段。

圖 5.3.2-2 宜專一線蛙類與蛇類道路致死熱點的空間分布與顯著性分析

### (3) 物種豐多性熱點

以宜專一線資料計算每百公尺單位路段累積道路致死物種數，作為種豐度熱點的評估標準，計算結果顯示各單位里程道路致死物種豐度差異不大(圖5.3.2-3)，每百公尺路段最多有3種道路致死種物。

參考圖5.3.2-4，宜專一林道的0k-2k為蛇與蛙類的共同熱點，但累積道路致死數量偏低，即使改採500公尺路段為計算單元，

蛇類也僅在6.0k-6.5k路段有累計超過2筆的3筆記錄(不同種)，蛙類則除了8.5k-9.0k及12.0k-12.5k兩路段各有10筆與7筆紀錄，其他路段皆不超過5筆。

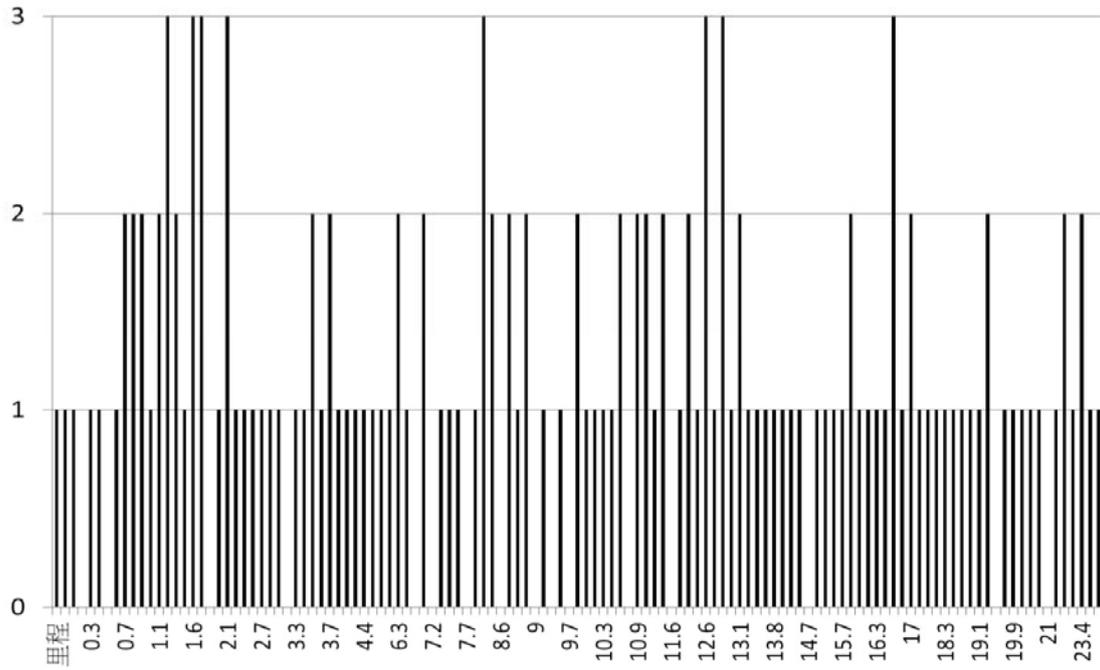


圖 5.3.2-3 宜專一線每百公尺道路致死物種豐度圖

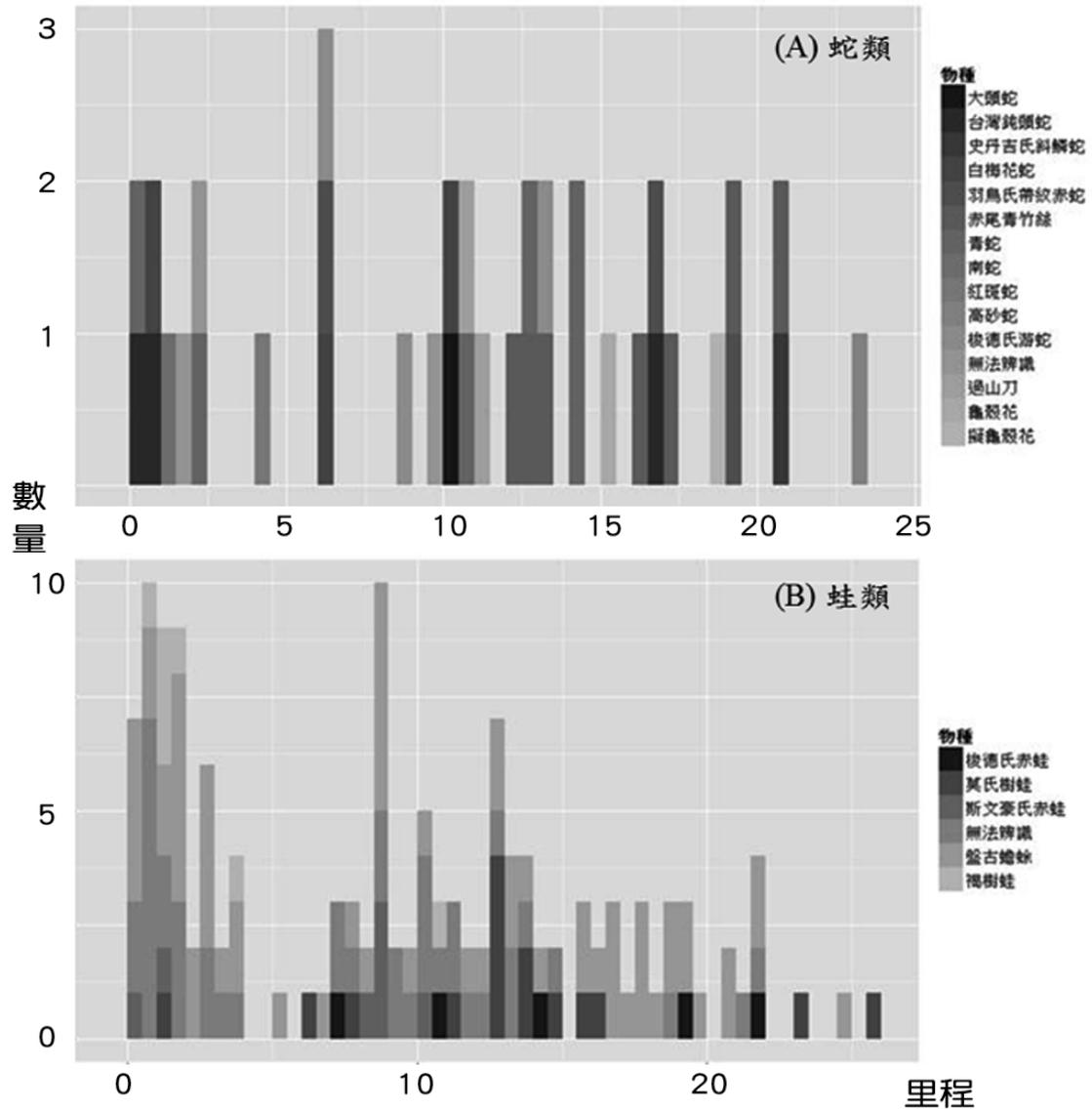


圖 5.3.2-4 宜專一線(A)蛇類與(B)蛙類道路致死物種分布與累積數量

### 5.3.3 翠峰林道道路致死熱點

#### (1) 不分類群道路致死熱點

圖5.3.3-1為翠峰林道每百公尺累積道路致死計算結果示意圖，翠峰林道不分類群累積道路致死數量最高的百公尺路段亦僅有4隻的紀錄，為0.7k-0.8k，無明顯熱點。

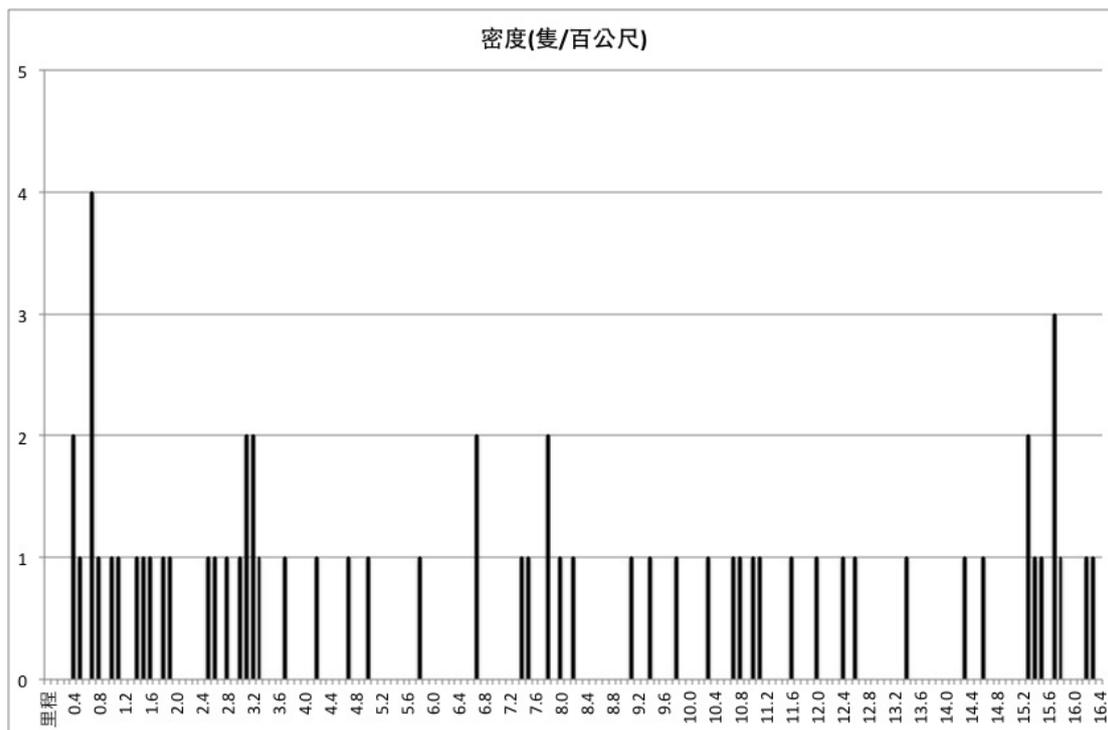
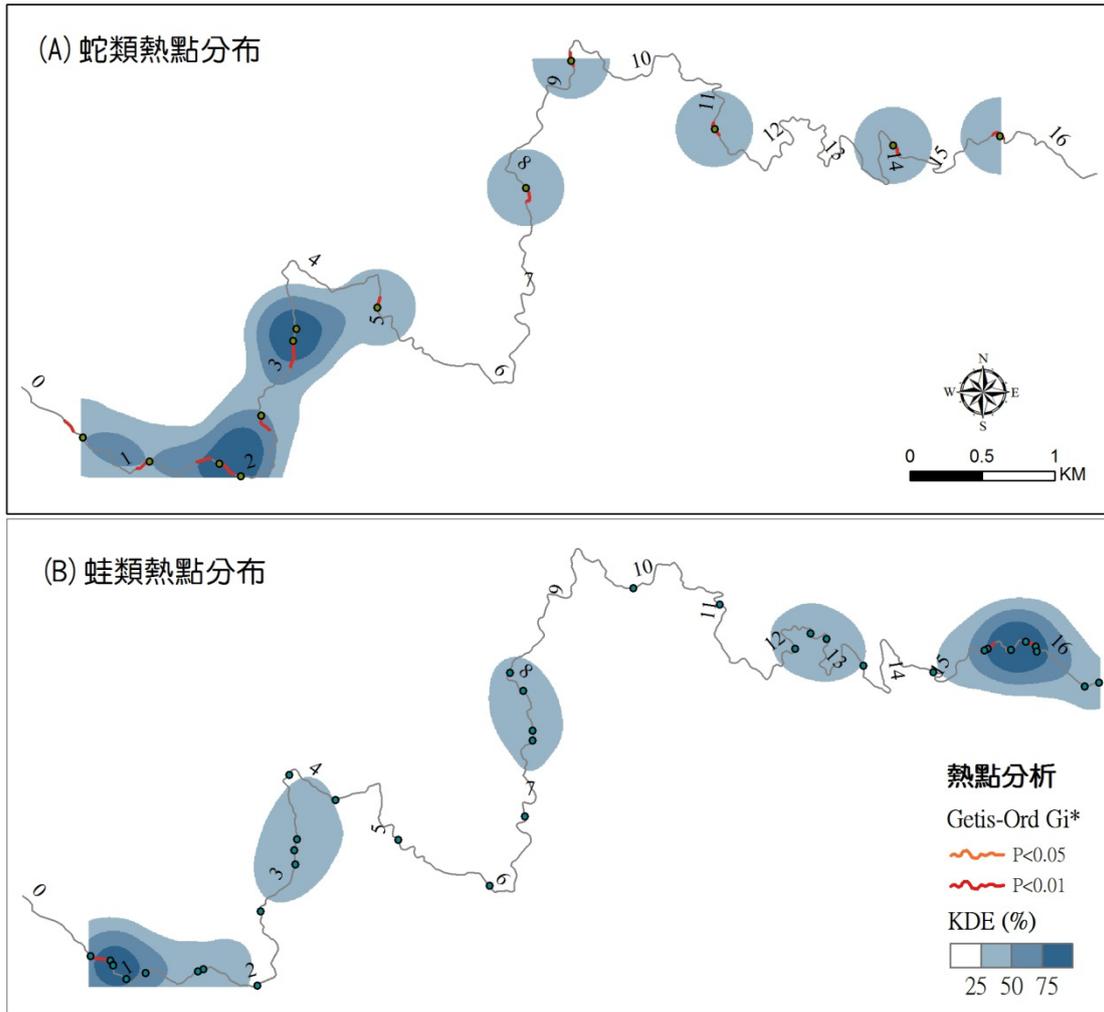


圖 5.3.3-1 翠峰林道不分類群道路致死熱點結果

(2) 分類群空間熱點

比較圖5.3.3-2可知，翠峰林道蛇與蛙類的道路致死空間分布都零星散布於全林道，核密度結果顯示在林道起點和終點有較集中分布的趨勢，蛇類約在4k以前，兩棲類則分別在1k和16k前後。



以百公尺為單位所進行的熱點分析(Hot Spot Analysis, Getis-Ord  $G_i^*$ )與核密度估算(Kernel Density)的結果，由於翠峰林道調查資料量較少，熱點僅供參考。核密度估算以灰階呈現道路致死紀錄的出現頻度，加粗強化的線段則為 Getis-Ord  $G_i^*$ 熱點分析達顯著的百公尺單位路段。

圖 5.3.3-2 翠峰林道蛙類與蛇類道路致死熱點的空間分布與顯著性分析

### (3) 物種豐富性熱點

以翠峰林道資料計算每百公尺單位路段累積道路致死物種數，作為種豐富度熱點的評估標準，計算結果顯示各單位里程道路致死物種豐富度差異不大(圖5.3.3-3)，每百公尺路段最多有2種道路致死種物。

由於翠峰全線皆屬高海拔山區，相較於其他林道，翠峰林道道路致死總數與族群豐富度皆屬最低，蛙類以盤古蟾蜍佔絕大量，且以500公尺路段累計最高僅5筆，在林道起點(0.5k-1.0k)和終點

(15.5k-16.0k)各出現一個相對顯著高峰(圖5.3.3-4)。蛇類累積道路致死量亦低且分散，以0.5k-3.5k路段較為集中，但總計13筆道路致死卻紀錄達8個物種之多，物種的相對豐度不低。

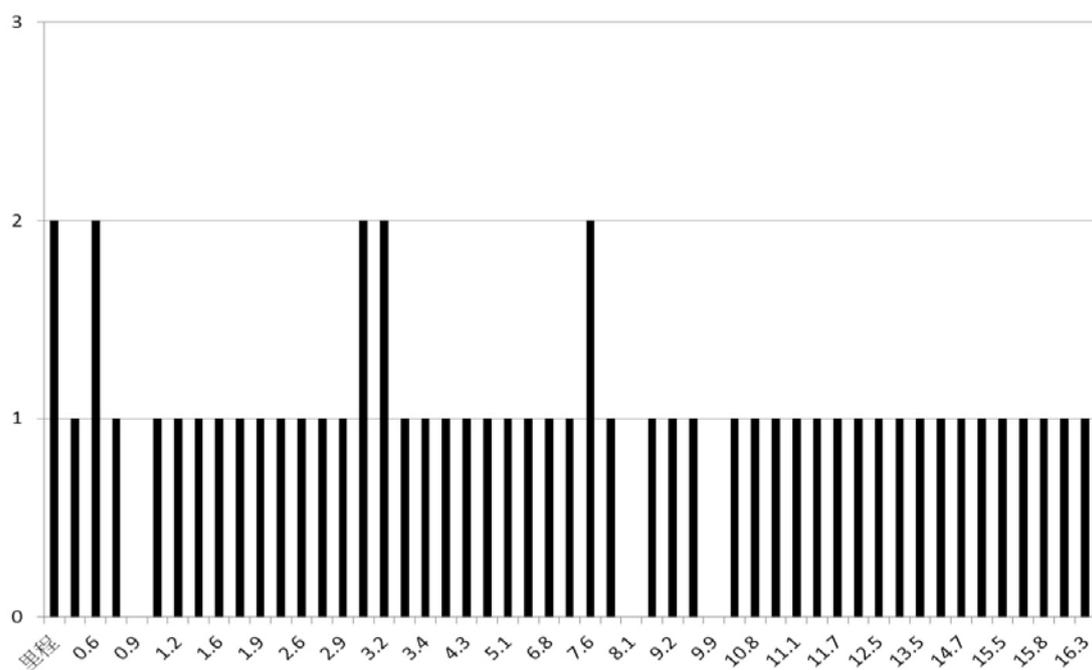


圖 5.3.3-3 翠峰林道每百公尺道路致死物種豐度圖

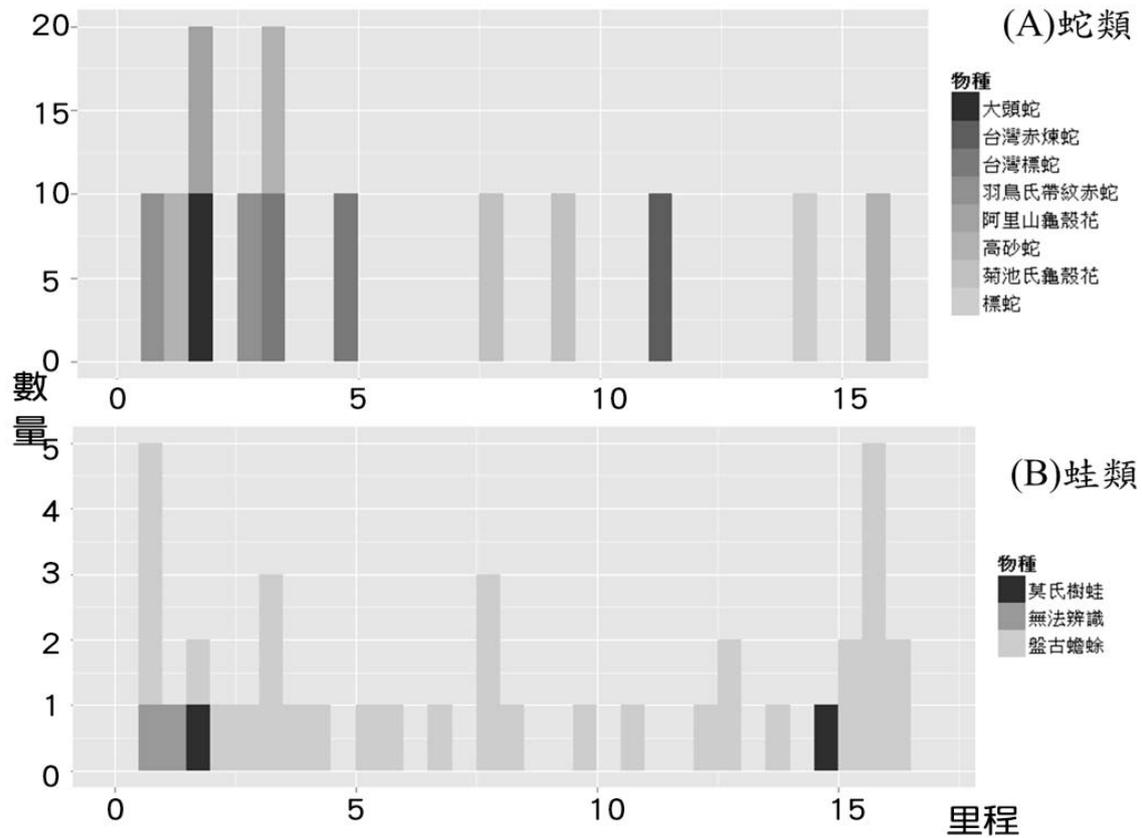


圖 5.3.3-4 翠峰林道(A)蛇類與(B)蛙類道路致死物種分布路段與累積數量

### 5.3.4 大雪山林道道路致死熱點

#### (1) 不分類群道路致死熱點

大雪山林道每百公尺累積道路致死數量計算結果顯示超過5隻的路段集中於5k-16k之間，圖5.3.4-1即為此路段計算結果示意，累積數量最高的路段為8.5k-8.6k，百公尺內共累積186筆道路致死紀錄，另外累積數量超過50筆的還有5.9k-6.0k、9.1k-9.2k和8.7k-8.8k等三個路段。綜合相鄰路段的結果，可看出5.9k-6.3k、8.3k-10.4k和15.2k-15.5k是三處連續的道路致死熱點路段。

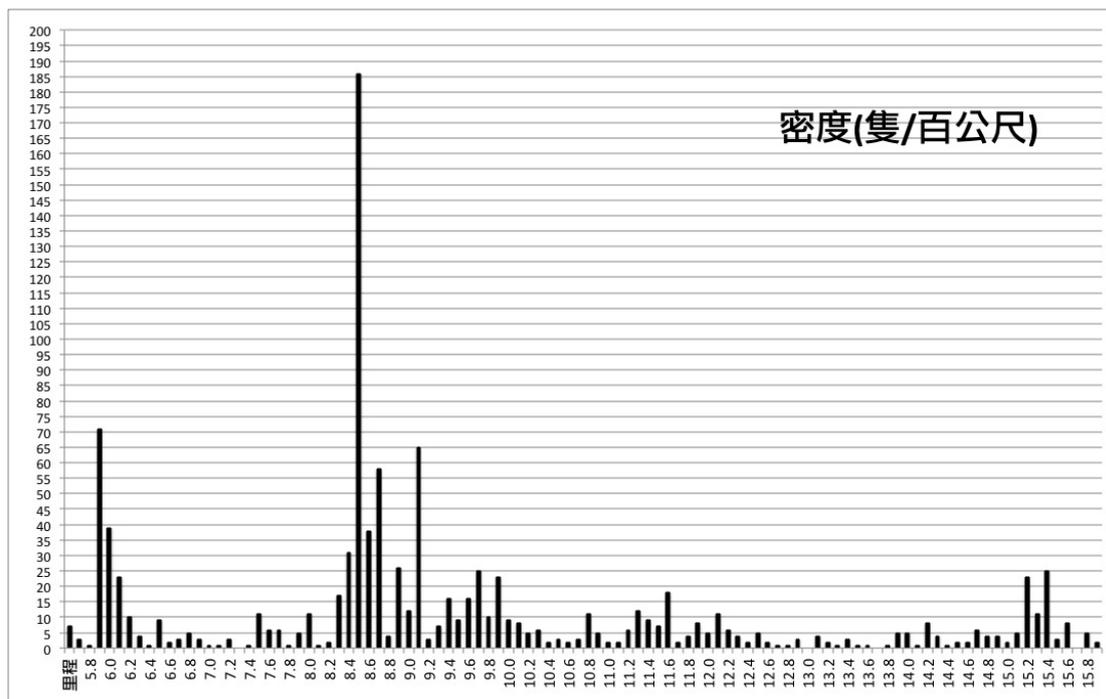
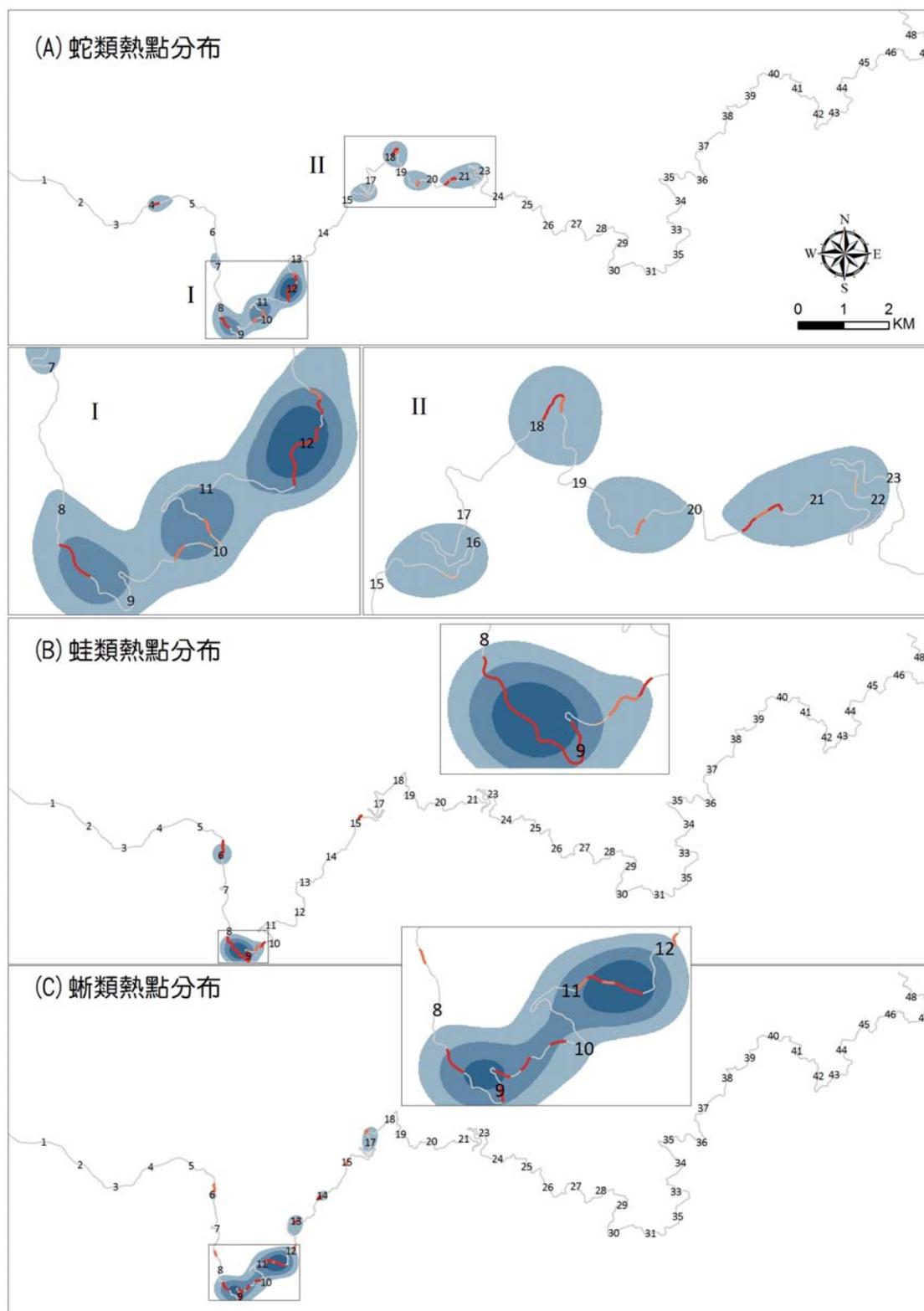


圖 5.3.4-1 大雪山林道不分類群道路致死熱點結果

(2) 分類群空間熱點

大雪山林道將近50公里，為4條中最長，但為求各林道分析的一致性，仍以百公尺路段單元進行熱點分析。由圖5.3.4-2可知，空間分析達顯著的熱點有明顯的群聚現象，在蛇類形成8k-13k以及15k-23k兩個熱區，其中又以12k前後最集中；蛙類的熱點則更為集中，主要有5.9k-6.0k、8.4k-9.2k和15.4k-15.5k三處；蜥蜴類亦有明顯熱點，主要在8.5k-11.5k的路段，以及13k、14k和17k前後。



以百公尺為單位所進行的熱點分析(Hot Spot Analysis, Getis-Ord  $G_i^*$ )與核密度估算(Kernel Density)的結果以局部放大呈現道路致死屍體高發生路段。核密度估算以灰階呈現道路致死紀錄的出現頻度，加粗強化的線段則為 Getis-Ord  $G_i^*$ 熱點分析達顯著的百公尺單位路段。

圖 5.3.4-2 大雪山林道蛙類與蛇類道路致死熱點的空間分布與顯著性分析

### (3) 物種豐多性熱點

本計畫進行道路致死調查的林道中，以大雪山林道有最完整豐富之資料，因此嘗試以大雪山林道資料計算不同單位路段的累積道路致死物種數，作為種豐度熱點的評估標準。

以1公里為單位的計算結果顯示單位路段道路致死物種豐度最高者為6k-7k和10k-13k等4個路段，每公里均累積有18種動物的道路致死紀錄，綜合相鄰路段結果，3k-20k的單位路段道路致死物種數均高(圖5.3.4-3)。

以0.5公里為單位的計算結果顯示單位路段道路致死物種豐度最高者為8.5k-9.0k和10.0k-10.5k兩路段，每0.5公里均累積有15種動物的道路致死紀錄，綜合相鄰路段結果，則以8.5k-13.0k的單位路段道路致死物種數最高(圖5.3.4-4)。

以百公尺為單位的計算結果顯示單位路段道路致死物種豐度最高者為8.5k-8.6k，每百公尺累積有11種動物的道路致死紀錄，綜合相鄰路段結果，則以8.5k-8.8k的單位路段道路致死物種數最高(圖5.3.4-5)。

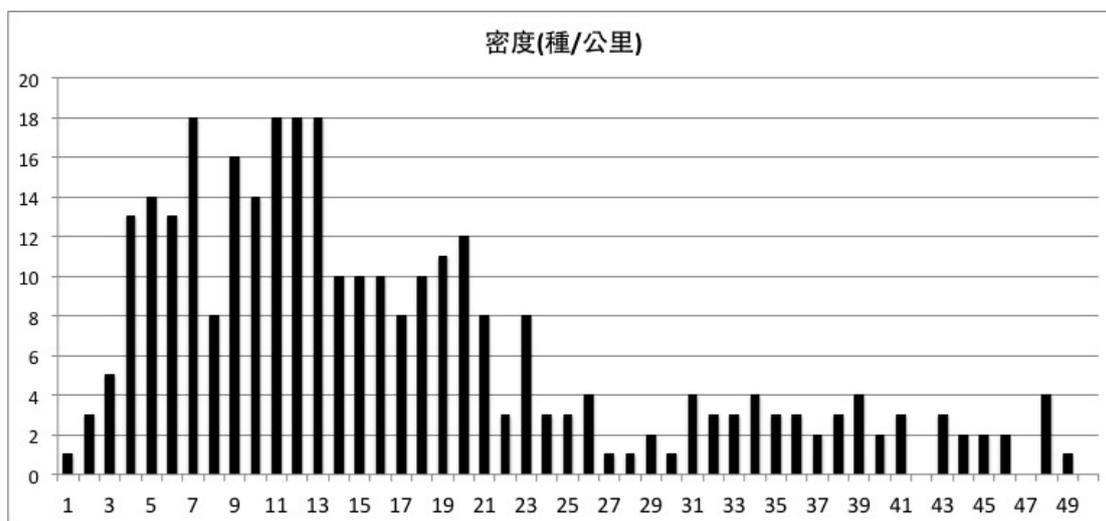


圖 5.3.4-3 大雪山林道每公里道路致死物種豐度圖

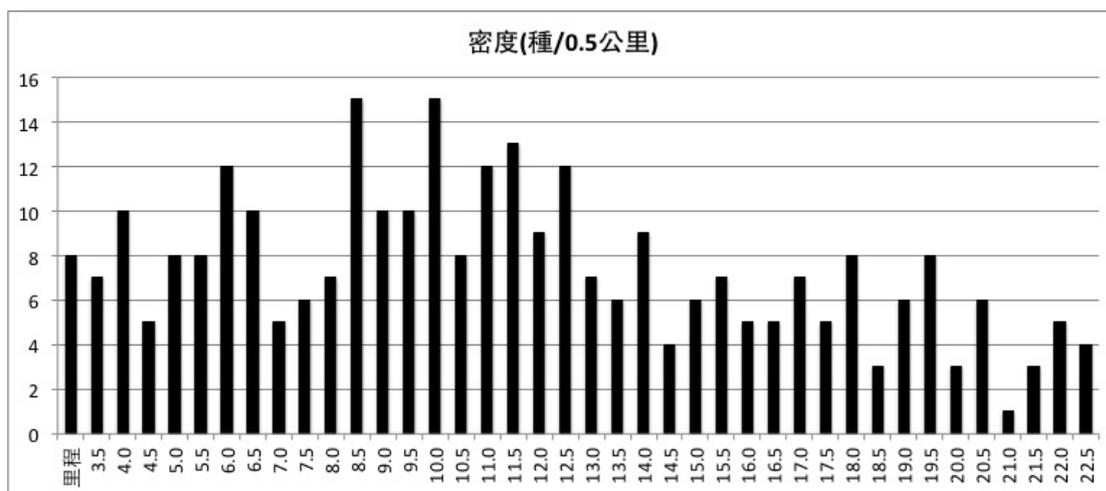


圖 5.3.4-4 大雪山林道每 0.5 公里道路致死物種豐度圖

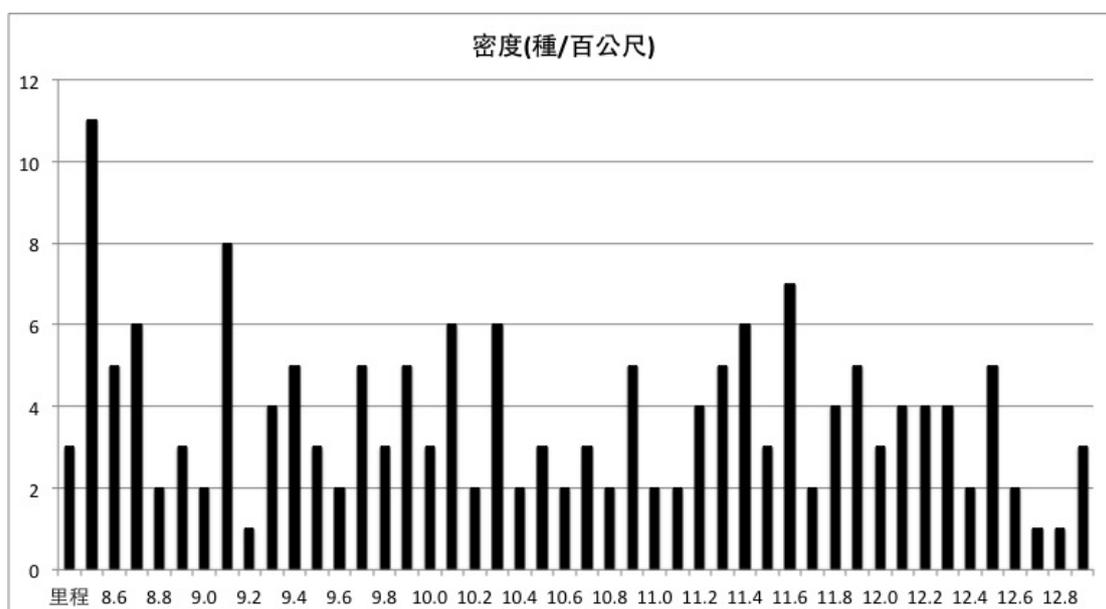
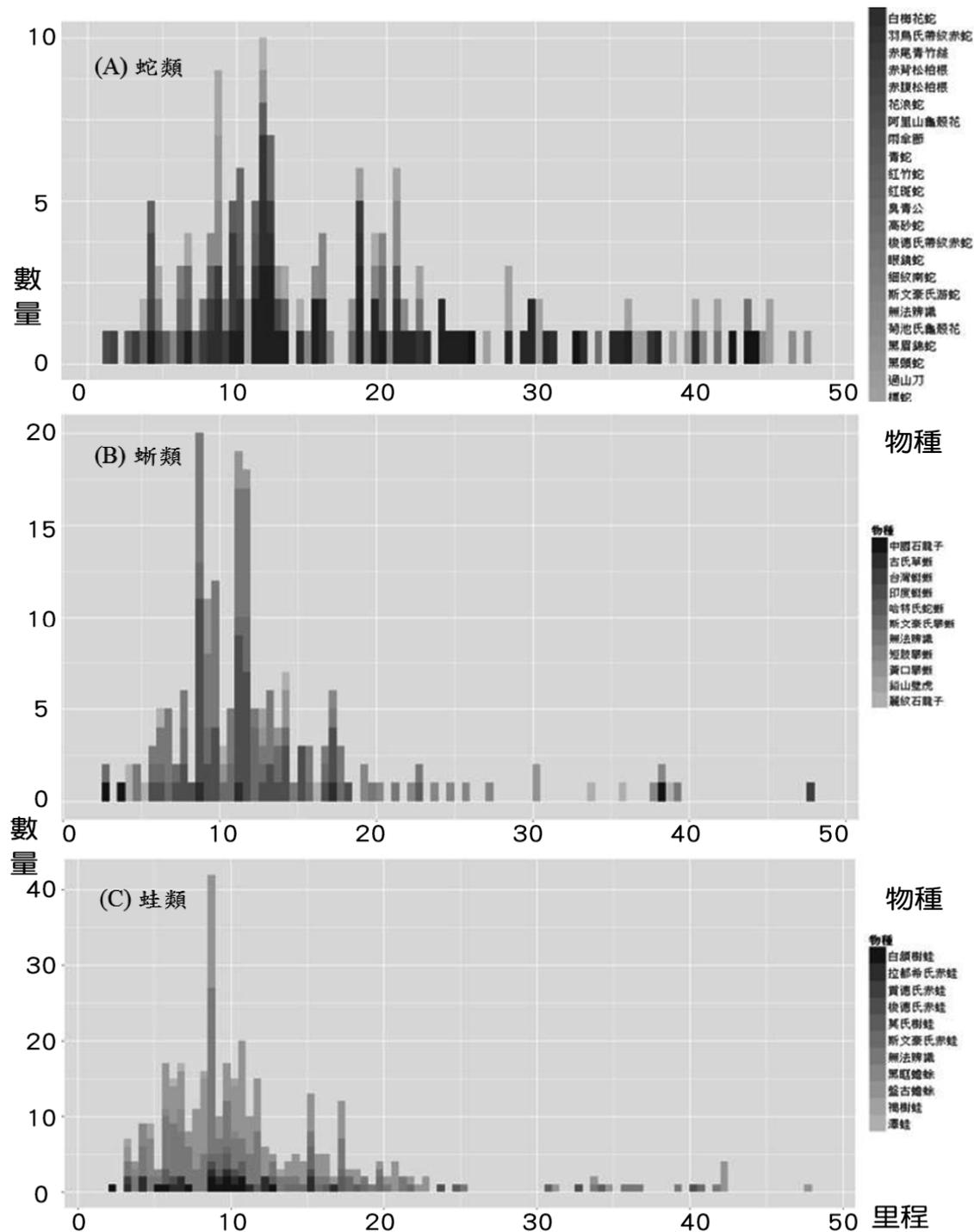


圖 5.3.4-5 大雪山林道每百公尺道路致死物種豐度圖

由於大雪山林道的累積道路致死數量極高，為深入比較各類群致死熱點的物種組成與分布，除原本的蛇與蛙兩個分類，亦加入資料量亦很充足的蜥蜴類作為分類群物種道路致死分布的比較(圖5.3.4-6)，各類群動物的物種分布差異不大，10k前後為各類物種多樣性最高的路段，蛇類則至20k前後仍有高度多樣性。

綜合比較致死熱點與該區段物種豐度，可以評估對生物多樣

性威脅最大的區域，提供後續追蹤調查或積極改善處理。圖5.3.4-7顯示大雪山林道里程與海拔呈穩定正相關，而各類群生物多樣性集中主要在20k以下，以8k-10k最高，8.5k處為梭德氏赤蛙秋季遷移路線最主要的道路致死熱點，該區段既為大雪山全線兩棲與爬行動物致死熱點，其兩棲與爬行動物之物種多樣性亦高。而由圖5.3.4-8可以看出12k前後的路段則是爬行類重點路段，此路段爬行類無論在種類或數量上均高，保育類出現頻度亦高，而兩棲類種類和數量則相對較低。



A)蛇類(B)蜥蜴類與(C)蛙類  
(排除因秋季進行繁殖遷移的梭德氏赤蛙所造成之大規模道路致死紀錄)

圖 5.3.4-6 大雪山林道道路致死物種分布與數量

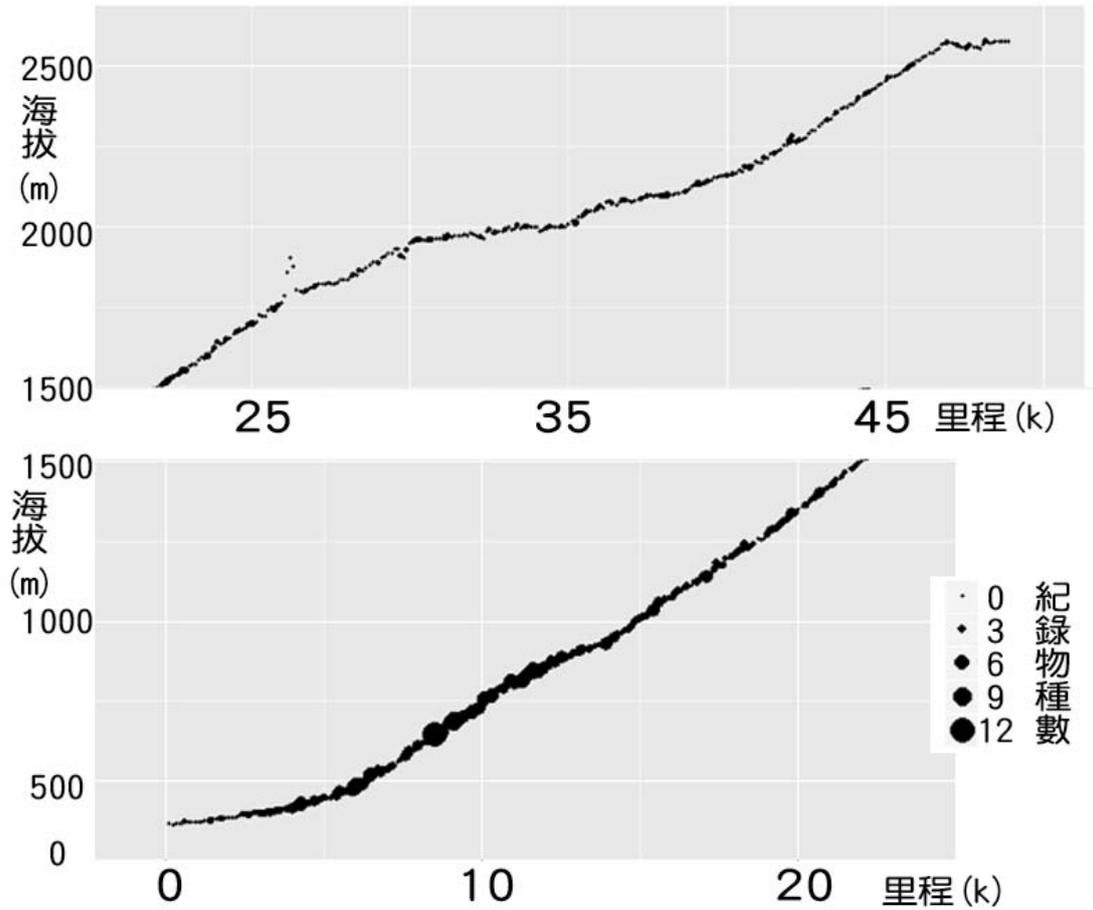


圖 5.3.4.7 大雪山林道里程與海拔呈穩定的正相關

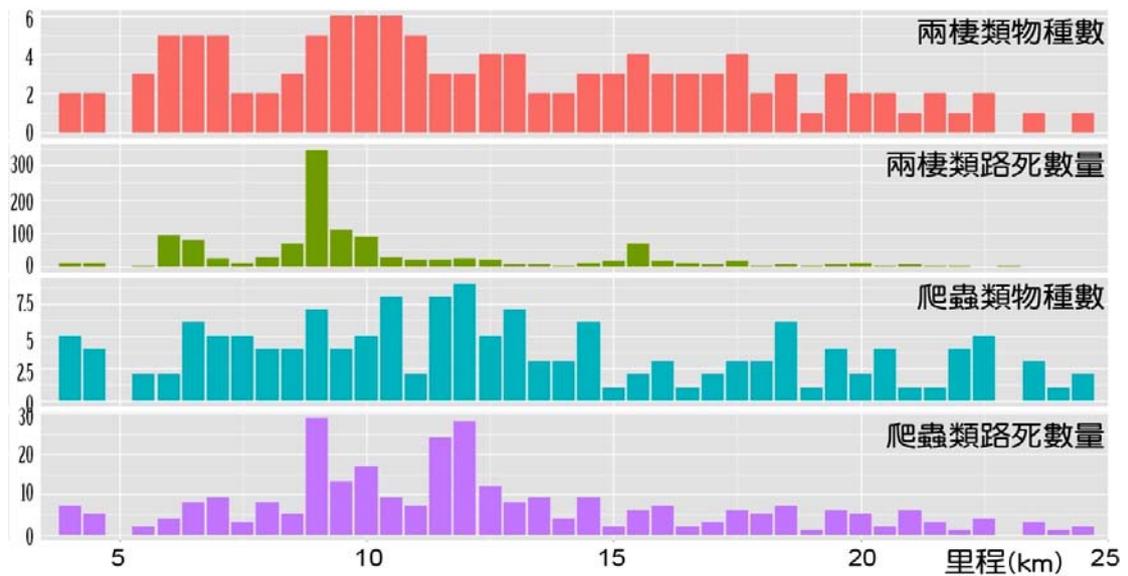


圖 5.3.4-8 大雪山林道沿線兩棲與爬行類道路致死熱點與物種多樣性分布

## 5.4 道路致死與道路結構及環境因子之相關性

本年度由於桶后林道、宜專一線和翠峰林道皆因颱風影響而有長期封閉等情況，調查過程亦有部分路段受施工與土石坍塌影響，可能使得車流量或車速降低、道路致死數量降低、動物屍體被掩埋或提早移除，而可能產生資料量低估與代表性不足的問題，因此本年度僅以資料量較穩定的大雪山林道進行蛇類、蜥蜴類與蛙類的道路致死相關性迴歸分析。

### 5.4.1 環境因子資料處理結果

本項工作於第一年度完成大雪山、桶后林道與宜專一線之環境特徵與道路結構因子實地調查作業，並建置大雪山林道道路相關資訊的空間資料，初步彙整各因子所占比例於表5.4.1-1及表5.4.1-2，空間資訊處理結果參考圖5.4.1-1。

大雪山林道道路以一側為路堤一側為路塹的型式為主，其中又以右堤左塹的比例較高，沿線有少數橋樑和隧道，但長度短。排水設施部份以U型溝或無水溝的路段長度最長，道路左右側組成不同，部份路段(特別是新修築的擋土牆路段)為L型溝，但是此類水溝平緩開口側均朝向路面，亦即小動物可以很容易由此L型溝路段進入路面，雖然不會受困於水溝中，但小動物相對不易由此類路段離開路面進入道路兩側森林，因此無法降低道路致死發生率，亦對道路兩側棲地有切割影響。圖5.4.1-2為兩種不同方向設計的L型溝比較。

在護欄型式部份，大雪山林道兩側無護欄的比例很高(76.4%和87%)，亦即路堤側大部分均僅有路樹和植被帶，有護欄的路段以連續混凝土護欄比例最高，相較其他型式的護欄，連續混凝土護欄對野生動物造成的阻隔亦最大。在邊坡型式部份，大雪山林道亦以自然邊坡比例最高，亦即路塹側通常直接可進入森林環境，有擋土牆的比例約佔一成，擋土牆對野生動物的阻隔效應亦大。

表 5.4.1-1 大雪山林道各道路型式分布比例初步統計

道路型式結構	長度(m)	百分比(%)
右堤左堤	380	0.9
右堤左塹	31727	78.0
右塹左堤	7753	19.1
右塹左塹	612	1.5
橋樑	117	0.3
隧道	92	0.2

表 5.4.1-2 大雪山林道水溝、護欄與邊坡型式分布比例初步統計

水溝型式	左側水溝		右側水溝	
	長度(m)	百分比(%)	長度(m)	百分比(%)
L型溝	4030	9.9	1563	3.8
U型溝	28707	70.6	6408	15.8
加蓋水溝	96	0.2	408	1.0
無溝	7848	19.3	32302	79.4
護欄型式	左側護欄		右側護欄	
	長度(m)	百分比(%)	長度(m)	百分比(%)
連續混凝土護欄	3996	9.7	5444	13.4
分段混凝土護欄	65	1.1	231	0.6
無護欄	35465	87.0	31082	76.4
鋼板護欄	391	0.8	3467	8.5
木製護欄	0	0.0	457	1.1
鐵網	537	0.9	0	0.0
其他	227	0.5	0	0.0
邊坡型式	左側邊坡		右側邊坡	
	長度(m)	百分比(%)	長度(m)	百分比(%)
高擋土牆	5028	12.4	3073	7.6
矮擋土牆	479	1.2	32	0.1
自然邊坡	26169	64.3	35879	88.1
鐵網	0	0.0	163	0.4
其他	0	0.0	125	0.3
無	9005	22.1	1409	3.5

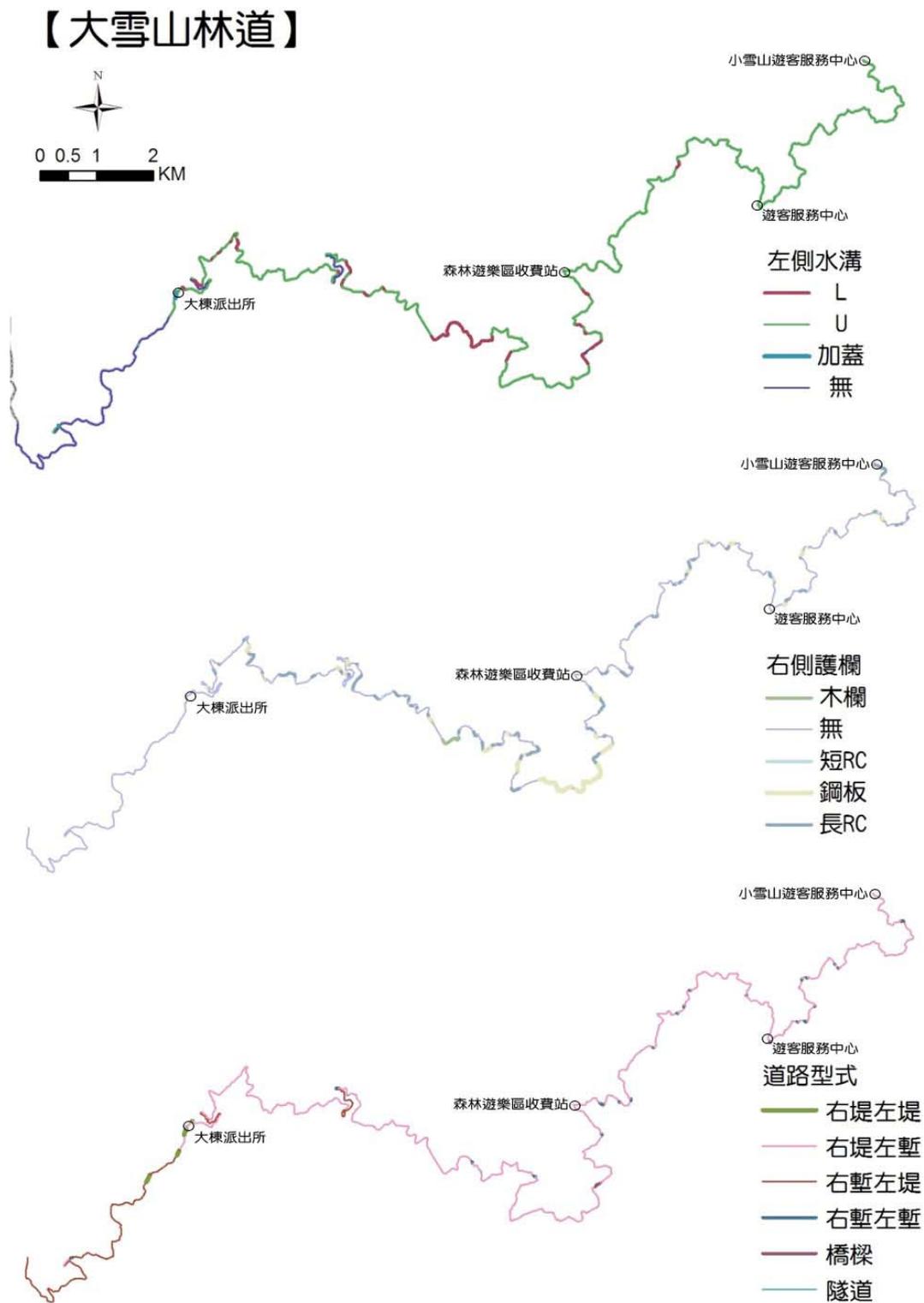


圖 5.4.1-1 圖示列舉三項道路因子在大雪山的空間變化分布



大雪山林道的L型溝(左)可能無法降低道路切割和致死的影响，不同設計的L型溝(右，日本西表島)則可以改善這個狀況

圖 5.4.1-2 不同形式的L型溝

## 5.4.2 大雪山林道相關性分析結果

分析所納入的環境特徵與道路結構因子，各因子之間並無可解釋的明顯相關性，而一般線性模式的卜瓦松迴歸分析結果顯示，大雪山全線各類群道路致死數量與坡度相關度最高，坡度對於蛙類及蛇類的道路致死數量有正相關，與蜥蜴類則為負相關(表5.4.2-1)。其他有顯著相關的結果包括蛇類與L型溝百分比、海拔和天然林百分比均為負相關，蜥蜴類與建地百分比負相關，蛙類與海拔和天然林百分比正相關。然所採計的道路結構與環境特徵因子對大雪山林道道路致死數量的解釋度並不高，顯示各類群的道路致死數量與環境與道路特徵的相關性需更多因子解釋。

為檢驗各類群道路致死資料所建立相關性模式的穩定度，進一步選取各類群道路致死較集中的4k-25k路段進行迴歸分析(表5.4.2-2)。蛇類道路致死雖仍與周遭天然林百分比負相關，但與坡度、海拔及L型溝百分比的相關性則都不再顯著，而蛙與蜥蜴的道路致死數量則不再與坡度相關，但與海拔的負相關則更趨顯著，並且與周邊土地受人為開發干擾程度呈現負相關，然而以此範圍所建立的模式仍然很不穩定，顯示現階段採用的環境與道路因子並無法有效解釋道路致死的數量與分布。

表 5.4.2-1 大雪山林道全線各類群動物道路致死數量與道路及環境因子之相關性分析

解釋因子	迴歸係數	顯著值(P)
蛇類		
L 型溝%	-7.523e-03	0.028*
海拔	-1.503e-03	<0.001***
坡度	4.515e-02	0.0004***
天然林%	-1.140e-04	0.0004***
蜥蜴類		
坡度	-0.0338	0.034*
建地%	-0.0003	0.044*
蛙類		
海拔	3.951e-03	0.002**
坡度	2.667e-01	<0.001***
天然林%	5.473e-04	0.013*
(海拔與坡度交互作用)	-2.944e-04	<0.001***

表 5.4.2-2 大雪山林道 4k-25k 路段不同類群動物道路致死數量與道路及環境因子之相關性分析

解釋因子	迴歸係數	顯著值(P)
蛇類		
路旁設施阻隔率%	-1.191e-02	0.018*
天然林%	-1.140e-04	0.0004***
(交互作用)	9.066e-07	0.010*
蜥蜴類		
海拔	-3.234e-03	<0.001***
人為干擾%	-4.624e-02	0.0001
(交互作用)	4.699e-05	0.016*
蛙類		
海拔	-5.056e-03	<0.001***
人為干擾%	-5.463e-02	0.0009***
荒草地%	7.157e-04	0.019*
(海拔與人為干擾交互作用)	6.401e-05	0.013*

### 5.4.3 其他觀察結果

#### (1) 連續混凝土護欄和擋土牆的可能影響

本計畫於大雪山林道執行調查時，多次發現道路致死蛇類位置旁為連續混凝土擋土牆護欄結構(圖5.4.3-1)，此類型護欄很明顯會阻擋動物離開路面的路線，造成動物滯留路面時間增加，即可能增加道路致死發生機率。檢視大雪山林道蛇類道路致死密度較高的10處百公尺路段，幾乎均有包含或鄰近1處以上的連續混凝土護欄結構，而在兩棲類道路致死密度較高的8k-10k路段亦有較高比例的此類結構物，因此判斷此類結構物是影響蛇類和兩棲類道路致死密度的重要因子之一，特別在蛙蛇因道路兩側其他棲地特性吸引而經常穿越或於路面活動的路段，連續混凝土護欄結構會因增加動物滯留時間而增加到路致死發生機率。

大雪山林道兩側連續混凝土護欄長度合計約9440公尺，佔全林道比例約11.6%，相較之下宜專一線兩側此類護欄結構長度僅169公尺，佔全林道比例僅約0.3%，此類結構的長度和比例可能亦為造成不同林道道路致死數量差異的原因之一。



圖 5.4.3-1 大雪山林道的連續混凝土護欄可能會增加道路致死機率

大擋土牆結構(圖5.4.3-2)通常會造成棲地切割，道路兩側自然棲地內的動物大部分無法順利穿越大擋土牆至道路上，反之道路上的動物亦會因大擋土牆的阻礙而無法離開路面。除了切割問題外，動物活動時若遇到大擋土牆，通常會沿著結構物往兩側移

動尋找穿越點，亦即大擋土牆結構的兩端可能會形成動物穿越道路的熱點，檢視大雪山林道蛇類道路致死密度較高的10處百公尺路段，亦發現多包含或鄰近大擋土牆結構，而當大擋土牆結構與連續混凝土護欄結構相連時(圖5.4.3-2)，即可能會因同時增加動物穿越道路機率與滯留路面時間而形成道路致死熱點。



圖 5.4.3-2 大雪山林道的大擋土牆與連續混凝土護欄連接路段可能有較高的道路致死機率

## (2) 河溪與兩棲類道路致死熱點分布的關係

本計畫於大雪山林道採每百公尺設定等距5個點，以此5點與最近河溪距離的平均值作為該路段的河溪距離值進行相關性分析，結果並未發現各類群動物道路致死數量與最近河溪距離有顯著相關。但比較4條林道的水系分布(圖5.1-1和圖5.1-2)可明顯看出桶后林道全線均緊鄰溪流，大雪山林道15k以下路段亦均鄰近溪流，宜專一林道僅有起點附近鄰近溪流，翠峰林道則均未鄰近溪流，僅少數位置有溪流交會。大尺度來看，四條林道鄰近溪流的路段與本計畫調查發現的兩棲類道路致死情形和路段大致吻合，包括桶后林道全線、大雪山林道5k-15k以及宜專一線起點幾處兩棲類道路致死密度較高路段均有鄰近溪流，可見與溪流距離或水系的分布應為影響兩棲類道路致死的重要因子，此因子對於梭德氏赤蛙、盤古蟾蜍和斯文豪氏赤蛙等依賴溪流環境的兩棲類影響更為明顯。

## (3) 大雪山林道農業活動

大雪山林道林班地範圍外道路兩側棲地類型有很高比例為農地，現況多為果園，平日均固定有從事農作的車輛進出，以晨昏時間的車流量較高，可能是林班地外道路致死密度較高的主因之一。除了農事車輛外，果園的灌溉水路和引水管線會使部份路段水溝長期積水或路面經常性潮濕(圖5.4.3-3)，亦可能吸引較多兩棲爬行類動物在路旁活動而增加道路致死發生機率。另外農地間小面積的殘存次生林或竹林可能形成小動物的庇護所，道路旁若緊鄰此類棲地亦較常發生道路致死。



圖 5.4.3-3 大雪山林道的灌溉水路和引水管線形成的積水和潮濕環境

#### (4) 大雪山林道攀蜥道路致死熱點的特性

本計畫調查結果顯示攀蜥亦為大雪山林道林班地內較重要的道路致死類群，其中包括保育類的短肢攀蜥。針對大雪山林道攀蜥類的主要道路致死路段進行勘查，初步可發現有陽光充足和道路旁地被植物茂密兩項特性(圖5.4.3-4)，陽光充足可能與攀蜥類喜好在開闊處曬太陽的習性有關，而路旁若有茂密的草本、灌木或蕨類植物則可能有較豐富的昆蟲可供攀蜥類覓食。此特性可作為後續熱點分析或改善措施評估的參考。



圖 5.4.3-4 大雪山林道的攀蜥道路致死熱點常有茂密的地被植物和充足的陽光

## 第六章 道路致死課題分析與改善對策研擬

### 6.1 林道動物道路致死課題討論

#### (1) 各林道調查結果與道路致死密度

本計畫針對6條林道進行的139天次調查共記錄到2519筆陸域脊椎動物屍體，包含17種53隻鳥類、13種51隻哺乳類、11種1825隻兩棲類和46種590隻爬行類。

6條林道中，大鹿和樂山林道在5月後即不再調查，其他4條有完整調查的林道長度、海拔、棲地和人為活動狀況均不同，且今年受風災影響而封閉的時間長短亦不同。其中大雪山林道的長度最長、涵蓋海拔範圍最廣、受風災影響時間最短，且林道13k以下不屬林班地範圍的部份有當地居民頻繁使用，而屬林班地範圍的部份亦僅有35k以上屬於森林遊樂區範圍而有進行夜間車輛管制(桶后林道、宜專一線和翠峰林道夜間幾乎全線有管制)，這些因素均會造成大雪山林道有較長時間且較高頻率的的人車活動，是本計畫大雪山林道在道路致死物種、數量和密度等結果均居各林道之冠的重要原因。

大雪山林道的道路致死密度高於其他林道，計算結果為平均每次每公里發現1.12隻道路致死動物屍體，此數值較陽明山國家公園97年調查平均每次每公里拾獲3.47隻為低(劉小如等，2008)，但高於其90年和92年的調查結果，而若單獨計算大雪山林道林班地外(0k-13k)的道路致死密度(每次每公里發現3.27隻)則與陽明山國家公園97年的結果相近。曾榮英(2008)進行宜專一線和翠峰林道爬行類道路致死調查，計算得到宜專一線道路致死密度為1.94隻/100公里，翠峰林道為1.28隻/100公里，本研究單獨計算爬行類的道路致死密度，宜專一線為12.2隻/100公里，翠峰林道為3.64隻/100公里，均高於曾(2008)的調查結果，且本計畫宜專一線和翠峰林道有數次調查受封園影響，實際上的密度應該更

高。本計畫採用的調查方法、執行月份和次數與劉小如等(2008)和曾榮英(2008)均相近，僅各月份調查次數分配差異較大。道路致死密度的計算會受選擇的路段和調查次數影響，僅能作為大尺度道路致死數量的參考，不同研究的差異並不直接反應道路致死課題的嚴重性，實際上仍以熱點路段的道路致死情形較為重要。

## (2) 林道道路致死類群與物種

表6.1-1整理本計畫4條林道、大雪山林道以及劉小如等(2008)陽明山國家公園調查到的各類動物種類及數量，本計畫大雪山林道與劉小如等(2008)的調查結果在各類群道路致死動物種類數部份相近，數量上雖然均以兩棲類和爬行類最多，但是陽明山國家公園研究所調查到的兩棲類和爬行類數量較多且所佔比例更高。大雪山林道調查長度不足陽明山國家公園調查長度的一半，但卻有相同種類數的爬行類以及更多的鳥種記錄，主要原因應是大雪山林道從低海拔延伸至高海拔，物種多樣性因此較高。

兩計畫的研究結果顯示山區道路鳥類和哺乳類動物的道路致死課題相對較輕微，種類豐富的爬行類道路致死紀錄以及數量龐大的兩棲類道路致死情形為主要應關切課題，其中爬行類中常包含了種類和數量可觀的保育類動物，本計畫即有13種75隻的保育類爬行道路致死紀錄，應持續關注。

表 6.1-1 本計畫全林道、大雪山林道與陽明山國家公園案例比較

道路	項目	鳥類	哺乳類	兩棲類	爬行類
本計畫 4 條林道 (104.73km)	種類	17	13	11	46
	數量	53	46	1770	540
大雪山林道 (48.91km)	種類	16	9	10	38
	數量	48	27	1209	356
陽明山國家公園 (110.5km)	種類	11	11	16	38
	數量	45	163	8059	3000

本計畫與劉小如等(2008)陽明山的研究所發現的哺乳類紀錄均以刺鼠為最多，本種為低海拔森林環境優勢鼠類，亦為主要道路致死種類。本計畫蝙蝠紀錄明顯較少。兩棲類部份主要差異在

本計畫於桶后林道和大雪山林道發現大量的梭德氏赤蛙於繁殖季遷移時被車輛壓死，而陽明山的研究並未發現本種，除了梭德氏赤蛙外，兩計畫均以盤古蟾蜍有最多的紀錄。爬行類部份本計畫與陽明山研究發現的主要優勢種前五名完全相同，包括黃口攀蜥、印度蜓蜥、青蛇、臺灣鈍頭蛇和赤尾青竹絲，但其他種類組成則差異較大，陽明山排第六的爬行類茶斑蛇在本計畫從未發現，而本計畫紀錄僅次於赤尾青竹絲的蛇類史丹吉氏斜鱗蛇和標蛇亦未在陽明山研究中發現。曾(2008)於宜專一線和翠峰林道調查到的18種爬行類本計畫均有紀錄，其發現的主要優勢種赤尾青竹絲亦為本計畫宜專一線最優勢蛇類。

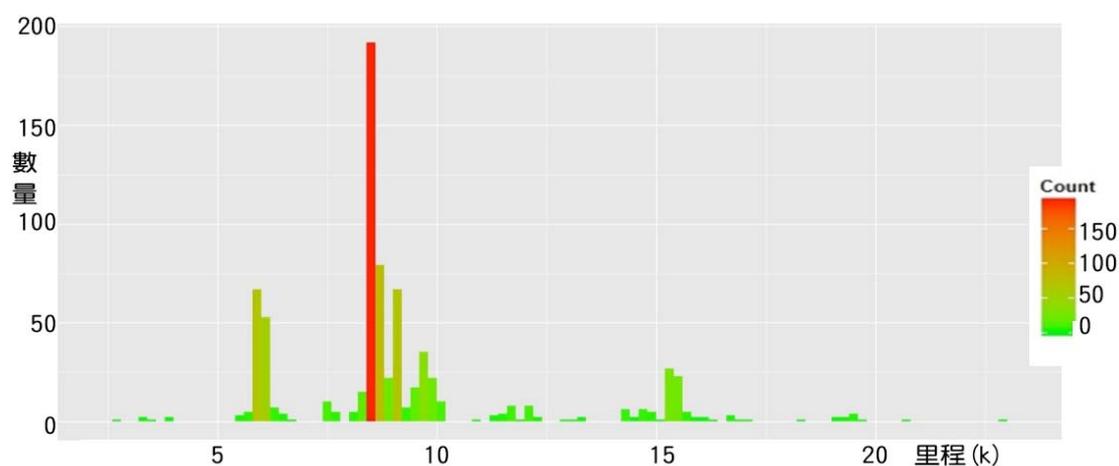
### (3) 道路致死與繁殖活動

本計畫發現的最優勢道路致死物種為梭德氏赤蛙，其數量佔本計畫全部道路致死動物數量的三分之一，包括大雪山林道和桶后林道均有大量紀錄。大雪山林道在101年9月中旬至10月的4次調查中均紀錄到大量梭德氏赤蛙的道路致死群集現象(圖6.1-1)，11月初的調查數量即未再發現梭德氏赤蛙的道路致死群集(見圖5.2.3-2)，顯示大雪山林道梭德氏赤蛙道路致死情形在時間和熱點上均相當集中且明顯，高峰期主要在9月中旬至10月下旬之間，主要熱點路段為8.5k前後，其次為6.0與9.0k前後。桶后林道101年度因風災影響而缺少梭德氏赤蛙的資料可供比較，而在100年11月底所紀錄的梭德氏赤蛙數量與群集程度雖然不若大雪山高，但也因此造成林道首尾兩段明顯的致死熱點路段，並且此熱點分布與第三章所進行的生物敏感性預測結果大致吻合(圖6.1-2)。以兩棲爬行類生物資源進行潛在敏感性評估結果，桶后林道以2.5k前和10k以後的路段可能有較豐富的兩棲類生物資源，因此為敏感性較高的路段，顯示生物資源的豐富情形可能亦是影響道路致死密度的重要因子。然而在其他林道則沒有類似的對應關係，此可能由於預測分析所使用的生物資源圖層係由點狀研究資料進行全島網格推估，精確度較低，受尺度不同的影響而無法符合其他林道的實際結果。

國外有研究指出兩棲類與爬行類道路致死好發季節大部分

與遷徙活動有關(Meek 2012; Smith *et al.* 2005)，梭德氏赤蛙主要是在秋季繁殖期進行遷移至溪流環境時大量發生道路致死，此類情況已在臺灣許多地方被觀察到，是亟需重視的課題。

除梭德氏赤蛙外，本計畫調查結果顯示大雪山林道的盤古蟾蜍在秋季亦有一個可能因繁殖遷移而形成的道路致死高峰，高峰開始時間與梭德氏赤蛙接近，亦在9月中上旬，但至11月初仍有大量盤古蟾蜍道路致死紀錄(見圖5.2.3-2)。此外，本計畫亦於夏季記錄到多次攀蜥和蛇類抱卵個體道路致死，其中以短肢攀蜥較多，推測可能抱卵雌蜥會受路面溫度吸引造成與陽明山國家公園調查類似的結果(Vijayakumar *et al.* 2001, 劉小如等，2008)。



101 年度 9-10 月梭德氏赤蛙秋季遷移所造成的大規模道路道路致死累積數量與分布里程

圖 6.1-1 大雪山林道梭德氏赤蛙大規模道路道路致死累積數量與分布

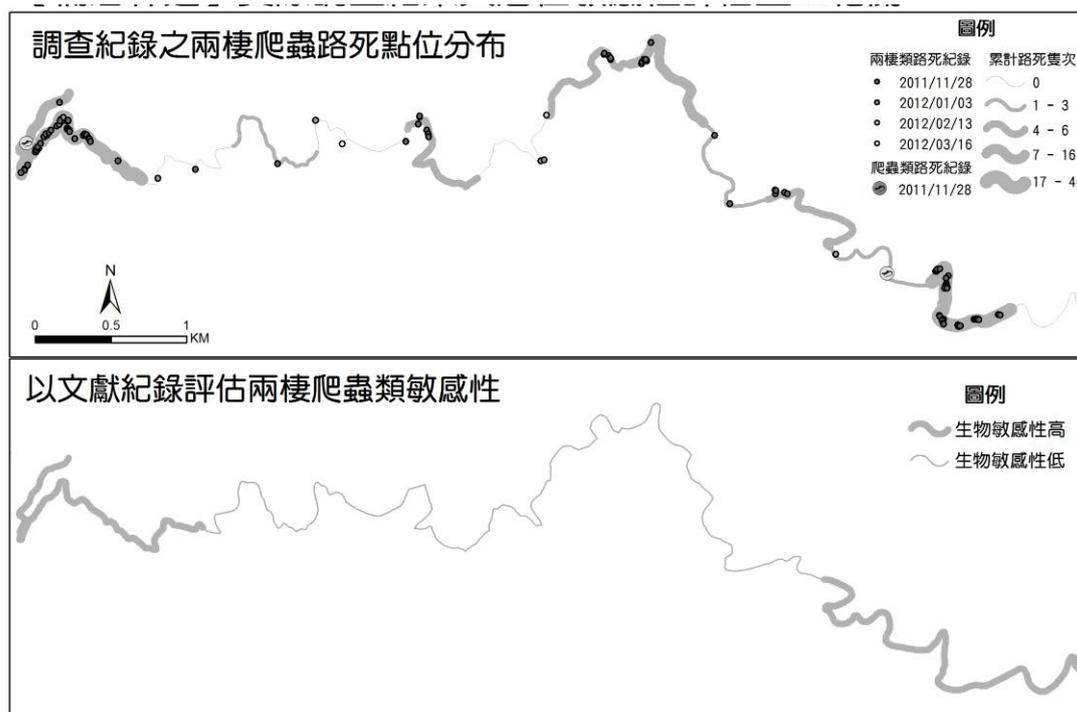


圖 6.1-2 桶后林道道路致死分布與生物資源評估潛在敏感性結果比較

#### (4) 道路致死與鳥類攝影活動

101年1月1日有登山客於大雪山林道往稍來路上發現死亡的黑長尾雉(網路消息www.photosharp.com.tw)，死因眾說紛紜，包括可能被車輛撞死或被狗咬死。由於大雪山林道有兩處地點有攝影者為拍攝雉科鳥類照片而長期以食物吸引野鳥(圖6.1-3)，因此該地點附近常可見到藍腹鵯或黑長尾雉於道路兩旁活動，少數個體已習慣人類的出現，本計畫調查工作亦多次目擊此兩種雉科鳥類穿越道路。這類餵食行為可能會因吸引鳥類和松鼠等動物靠近道路，且使動物失去戒心，而提高道路致死的發生機率，特別是在現場無人群聚集而來往車輛速度較快時，習慣在道路附近活動的動物即有較高的致死風險。



大雪山林道特定地點的鳥類餵食活動常吸引雉科鳥類、攝影者和賞鳥者在路旁活動而有安全顧慮(左圖圓圈中有3隻藍腹鵝)

圖 6.1-3 大雪山林道特定地點的鳥類餵食活動課題

#### (5) 林道及林班地內外的道路致死課題

本計畫調查結果可看出林道道路致死課題的一些特性，以本計畫調查林道來看，有進行管制(特別是夜間)的路段其道路致死課題明顯較無管制路段輕微，宜專一和翠峰林道由於收費站接近林道起點，因此夜間整段林道上車流量均低，而大雪山林道收費站位於35k，收費站以下夜間仍有許多人為活動，13k以下則因為非林班地而有更多的當地居民活動，因此造成道路致死情形的明顯差異。

以大雪山林道調查結果來看，林班地外道路致死密度為每次每公里3.27隻動物，林班地內僅有每次每公里0.36隻，林班地外的道路致死密度為林班地內的9倍，而單獨計算兩棲類道路致死密度時，林班地外更是林班地內的12倍之多。進一步統計大雪山林道調查各路段的平均道路致死情形，以每公里道路致死累計物種數來看，林班地範圍外(0k-13k)平均每公里有12種動物發生道路致死，林班地範圍內至收費站前(13k-35k)平均每公里有6種動物發生道路致死，而收費站內(35k-50k)平均每公里只有2種動物發生道路致死；若以每百公尺道路致死動物累計數量來看，林班地範圍外(0k-13k)平均每百公尺有7.7隻動物發生道路致死，林班地範圍內至收費站前(13k-35k)平均每百公尺有1.3隻動物發生道路致死，而收費站內(35k-50k)平均每百公尺只有0.3隻動物發生道路致死。

造成此三路段平均道路致死物種和數量差異的原因可能包括不同海拔物種組成差異、棲地環境不同等，但管制情形和車流量差異也應該是主因之一。此外，調查發現即使有進行夜間管制的路段，仍會有部份動物的道路致死是於傍晚和晨間車輛開始進入林道時發生，而因為林班地內棲地環境良好，因此發生道路致死的種類多樣性高，且常有保育類動物紀錄，仍為應注意的課題。

在時段上，偏好於傍晚和晨間活動的動物是潛在的道路致死物種，而於特定季節因特定需求而會在道路附近聚集或有穿越道路需求的種類則是最敏感的道路致死物種，以本計畫來看，這類物種包括秋季進行繁殖遷移的梭德氏赤蛙、繁殖季在路旁活動的短肢攀蜥和會受到道路溫度吸引的爬行類等。

#### (6) 道路致死與道路結構和環境因子的相關性

本研究利用調查資料最完整的大雪山進行相關性分析，然既有的道路結構與環境因子並不明顯。推測可能影響野生動物道路致死的各種環境與道路因子，受到林道線型特性各因子可能非獨立變項，例如土地利用類型的人為活動情況，容易受海拔與坡度影響，或是道路結構設置在高低海拔不同等。

然而由於林道屬於山區，各單一因子的變異性不大，例如如道路型式、水溝型式、與河溪距離等在林道沿線的巨觀變化度可能不高，目前環境因子主要來自圖資資料分析，無法納入較微觀的道路結構變動(如道路的地勢環境是否容易通往最近河溪)與周遭林相的變化(國土利用圖層主要應用於都市開發規劃分析，在山區進行類型判釋需要進一步影像校正)，因此各個因子與道路致死的相關性是否受其他因子干擾較難以估計，因此本部份之道路結構因子、周圍棲地環境變化分析結果主要目的為提供初始知概略研判結果，提供後續計畫、深入之學術研究方向或改善措施等層面之基礎參考資訊。

## 6.2 各林道道路致死課題分析與後續工作建議

本節分別討論各林道道路致死課題、敏感路段和後續建議，並針對第二年工作重點、應優先評估改善路段及目標類群提出相關建議。

### 6.2.1 各林道道路致死課題分析與建議

#### (1) 桶后林道

桶后林道今年由於風災封閉而未有完整資料，就現有資料來看，桶后林道的兩棲類和爬行類動物道路致死課題均應重視，道路致死兩棲類主要為褐樹蛙、梭德氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙和盤古蟾蜍等溪流蛙類，其中褐樹蛙道路致死數量明顯較其他林道多，梭德氏赤蛙道路致死主要發生於秋冬季進行繁殖遷移時。道路致死爬行類動物多為常見種類，其中青蛇道路致死數量居各林道之冠，此外亦有斯文豪氏游蛇和龜殼花兩種保育類道路致死紀錄。

熱點分析結果顯示桶后林道蛇類以孝義派出所至林道起點之間的路段道路致死紀錄較多(此路段亦有兩棲類熱點及物種豐富性熱點分布)，4.9k-5.0k次之，而兩棲類熱點則以0.9k-1.4k和12.1k-12.5k為主。

桶后林道因封閉資料不足而尚無法確認各熱點路段優先順序，應持續累積道路致死資料。以現有資料來看，或可優先針對1.0k前後和12.4k前後兩路段評估梭德氏赤蛙道路致死課題的改善方式及可行性，建議可先由警示告示牌和交通管理措施著手，並加強相關宣導教育工作，而硬體改善措施可配合既有林道維護工程一併進行設計和施工。

#### (2) 宜專一線

宜專一線今年亦因風災封閉而未有完整資料，就現有資料來看，兩棲類和爬行類動物的道路致死課題亦為後續重點，兩棲類主要為盤古蟾蜍和莫氏樹蛙，可能有很高比例是受路旁積水或潮濕的側溝吸引聚集。爬行類部份則有種類豐富和保育類的課題，特別是稀有的二級保育類羽鳥氏帶紋赤蛇在本林道有6筆道路致

死紀錄，是需要特別關注的種類。

熱點分析結果顯示0k-3k有較集中的道路致死紀錄，而6k-21k間亦有多處分散熱點，其中0k-2k為主要的兩棲類熱點，亦有較多物種紀錄。

宜專一線因封閉資料不足而尚無法確認主要熱點分布，曾榮英(2008)的調查亦指出宜專一線道路致死地點較平均且分散，因此仍應持續累積道路致死資料以確認待改善熱點和課題。以現有資料來看，應可優先針對起點0k-2k路段的兩棲類道路致死課題進行改善方式及可行性的評估，此路段接近溪流，且位於收費站管制區外，可能為密度較高的主要原因，建議可先由警示告示牌和交通管理措施著手，並加強相關宣導教育工作。

### (3) 翠峰林道

翠峰林道今年亦因風災封閉而未有完整資料，就現有資料來看，應優先關注爬行類動物的道路致死課題，兩棲類僅有盤古蟾蜍道路致死紀錄較多，爬行類部份則有呂氏攀蜥、高砂蛇、羽鳥氏帶紋赤蛇、阿里山龜殼花和菊池氏龜殼花等多種保育類道路致死紀錄，且數量多在2隻以上，應特別注意。

熱點分析結果顯示翠峰林道0.5k-3.5k路段蛇類道路致死種類最多，蛇類道路致死密度最高路段亦為3.5k以前的路段，兩棲類則在16k前亦有熱點。此結果與曾榮英(2008)的調查幾乎完全吻合，其研究指出「翠峰林道有3處較為集中的熱點路段，分別為0.0-3.0K、7.4-8.6K及15.0-16.5K，以0.0-3.0K路段所出現的15筆保育類紀錄，死亡筆數9筆最高，是沿線車輛輾壓傷害最嚴重的熱點」。

翠峰林道因封閉資料不足而尚無法確認全部熱點，因此仍應持續累積道路致死資料。以現有資料和相關文獻紀錄來看，應可優先針對起點0k-3.5k路段的蛇類道路致死課題進行改善方式及可行性的評估，此路段位於管制區內，若夜間林道有嚴格管制車輛出入和活動，則道路致死可能主要是晨昏進出的遊客車輛造成，建議可加強林道夜間的管制工作，研擬適合不同季節的晨昏

開放時間等交通管理措施，設置警示告示牌並加強相關宣導教育工作，同時可訓練現場人員進行熱點路段的道路致死調查工作。

#### (4) 大雪山林道

大雪山林道為今年唯一有較完整調查資料的林道，雖然其鳥類和哺乳類道路致死紀錄為各林道之冠，但種類和數量仍少，因此兩棲類和爬行類動物仍為大雪山林道較重要的道路致死課題。兩棲類以梭德氏赤蛙和盤古蟾蜍較多，爬行類則有包含許多保育類在內的豐富種類紀錄，包括短肢攀蜥在內的保育類爬行動物道路致死課題應持續關注。

熱點分析結果顯示8k-10k的梭德氏赤蛙課題應優先處理，其中又以8.5k-8.6k的百公尺路段密度最高(圖6.2.1-1)，而8k-10k亦有爬行類熱點和物種豐多性熱點路段，更增加其優先性。13k以下林班地範圍外的路段尚有5.9k-6.0k的兩棲類熱點、12k前後的蛇類熱點及10k-12k的保育類熱點，而林班地範圍內的路段則以15k-23k有明顯蛇類和保育類熱點。

大雪山林道應優先列入第二年道路致死課題評估改善目標林道，主要包括林班地外熱點位置已明確的梭德氏赤蛙和位於林班地內熱點位置有待進一步釐清的爬行類和保育類動物熱點。除可持續累積資料外，建議可優先於已發現之兩棲類、爬行類和保育類動物熱點設置警示告示牌和加強宣導教育工作，另外對於林道上位於熱點路段附近的連續混凝土護欄可評估處理方式，包括鑽孔或清理護欄下方排水孔以提供動物離開路面的通道。



圖 6.2.1-1 大雪山林道 8.5k-9.0k 熱點路段環境現況

## 6.2.2 後續工作建議

### (1) 道路致死改善措施目標物種評估順序與建議

本計畫第二年度工作項目重點為建置一處具示範性之道路致死改善措施，而釐清欲進行道路致死改善措施的目標物種，即為優先之關鍵。由本計畫所蒐集之道路致死相關文獻，均建議在道路致死目標物種遴選時考量其是否為族群受威脅或具有法定保護位階之稀有或瀕危種類、是否因繁殖或遷徙需求橫越道路，而在特定季節集中出現大量道路個體之物種，和是否會威脅到用路人行車安全之物種。

除上述生物本身特性或敏感性之外，考量到改善措施建置效益以及可行性等因素，本計畫亦將出現熱點路段或時間是否較為明確(具有大量集中出現個體)、熱點路段是否位於林班地內等因子同樣納入結果中，以期能於課題改善時同時兼顧行政程序上之可行性與改善措施建置後潛在之示範效益。

就本計畫調查結果進行道路致死熱點分析時，可見各林道之

動物類群熱點略有差異，如大雪山林道之蟾蜍、溪流蛙類、蛇類等經地理資訊系統分析檢定後，其熱點路段並非集中於同依路段，勢必需有所取捨，並根據選擇之目標物種類群進行後續的調查、勘查、設計與建置作業。爰此，以下即以各林道上習性相似之物種類群作為單元，提出第二年度林道道路致死改善措施之建議對象與順位評估，並摘要如表6.2.2-1所示：

(a) 建議優先改善對象：

(i) 桶后林道溪流蛙(梭德氏赤蛙)：

桶后林道道路致死調查結果與熱點路段分析顯示，溪流蛙類群(以梭德氏赤蛙為主)具有以下特性：因繁殖季節遷徙(有發現抱卵母蛙道路致死個體)而有大量道路致死紀錄出現，具有生態敏感性；所發現的道路致死個體數量遠大於同林道內其他類群紀錄；道路致死集中發生之時間地點明確；熱點路段位於林班地內，若欲執行改善措施，其行政程序相對單純；國內梭德氏赤蛙道路致死個體已受關注，改善措施具有宣傳效益等因子。因此建議將桶后林道溪流蛙類(梭德氏赤蛙)列為第二年優先評估改善目標之一。

(ii) 大雪山林道梭德氏赤蛙：

除桶后林道外，大雪山林道亦有溪流蛙類群(以梭德氏赤蛙為主)道路致死課題，其同樣具有之特性包含因繁殖季節遷徙(有發現抱卵母蛙道路致死個體)而有大量道路致死紀錄出現，具有生態敏感性；所發現的道路致死個體數量遠大於同林道內其他類群紀錄，亦為所有林道類群道路致死數量最多者；道路致死集中發生之時間地點明確；國內梭德氏赤蛙道路致死個體已受關注，改善措施具有宣傳效益，因此亦列為建議優先改善目標之一。惟其熱點路段位於國有林班地範圍外，林道兩側非屬林務局管轄範疇，若設置道路致死課題改善措施，視情形可能需要與其他相關單位進行協調，在行政程序較具不確定性。

(b) 次優先建議改善對象

(i) 大雪山林道蛇類：

大雪山林道除溪流蛙類課題外，亦發現豐富種類之蛇類道路致死紀錄。其具有包含數種第二級珍貴稀有及第三級一般保育類，具有生態敏感性；蛇類道路致死個體紀錄具有一定數量等特性。然而相對於其他類群，其資料筆數較少，在熱點路段分析上，熱點與非熱點之路段差異較不顯著，亦沒有特別高峰之好發時期，因此大雪山蛇類道路致死熱點列為次優先建議改善對向，建議後續作業方向以持續累積分析資料並確認熱點、敏感種類和相關課題為主。

(ii) 大雪山林道攀蜥類：

大雪山林道的攀蜥類群亦具有一定數量的道路致死個體，類群中亦包含保育類種類短肢攀蜥，除具有生態敏感性外，3種攀蜥的分布與生態特性也可作為教育宣傳媒材。然而攀蜥類群的主要道路致死路段包含林班地內外，且熱點與非熱點路段之差異性尚不明確。建議後續作業方向以持續累積資料並確認熱點和相關課題為主。

(iii) 大雪山林道石龍子類群與蟾蜍類群：

在大雪山林道道路致死資料中，石龍子類群與蟾蜍類群也具有相當數量，高峰期雖不若梭德氏赤蛙明確，但亦可看出季節性差異，可供道路致死改善措施參考。然而根據目前調查顯示，此兩類群並無保育類個體道路致死紀錄，種類較為常見且普遍分布，物種受衝擊之敏感性較低。此外，目前發現之道路致死熱點主要位於林班地外，熱點與非熱點路段之差異性不甚明確，因此其建議改善之優先度較前述類群為低，可先以持續累積資料為主。

表 6.2.2-1 道路致死優先改善目標物種類群建議

建議改善	林道	對象	說明
優先	桶后	梭德氏赤蛙	繁殖期有熱點路段
	大雪山	梭德氏赤蛙	繁殖期有熱點路段(位於林班地外)
次優先	大雪山	蛇	保育類較多，路段仍需確認
	大雪山	攀蜥	林班地內外均有，路段仍需確認
	大雪山	石龍子	位於林班地外，路段仍需確認
	大雪山	蟾蜍	位於林班地外，路段仍需確認

## (2) 第二年工作重點建議

依據前述調查結果與討論，建議第二年工作重點可包含下列項目：

大雪山林道8k-23k爬行類動物道路致死熱點調查確認；

大雪山林道與桶后林道梭德氏赤蛙熱點高峰期調查確認與改善對策研擬；

大雪山林道熱點路段道路結構與環境因子影響分析；

大雪山林道熱點路段動物穿越路徑分析；

連續混凝土護欄等特定結構物或排水設施改善方式評估。

## (3) 已可優先進行改善試驗項目

根據本年度成果，針對有敏感性和急迫性，且已可確認目標物種和熱點位置而可立即進行簡易改善試驗的工作大致可分為三類，分別說明如下(建議里程為經ArcGIS校正計算之里程而非里程碑顯示里程)。

### (a) 大雪山林道連續混凝土護欄改善

本計畫勘查大雪山林道蛇類道路致死密度較高路段，發現大多有包含或緊鄰連續混凝土護欄結構，此類結構會造成動物無法離開路面而增加道路致死機率，因此建議可優先針對蛇類道路致死密度較高路段改善此類結構物，建議的改善

目標為於固定間隔提供可供蛇類等動物穿越的孔道，可行方式包括清理護欄下方既有的排水孔(圖6.2.2-1)或以機具於護欄下方鑽孔。建議於連續混凝土護欄下方每20公尺即提供1處長20公分高10公分的孔道，孔道下方應與地面貼齊。

大雪山林道應優先處理鄰近蛇類熱點路段的連續混凝土護欄，建議最優先里程為11.8k、8.4k、20.6k和12.0k，次優先里程為22.2k、19.7k、12.4k、15.7k、11.3k、10.3k和8.6k。



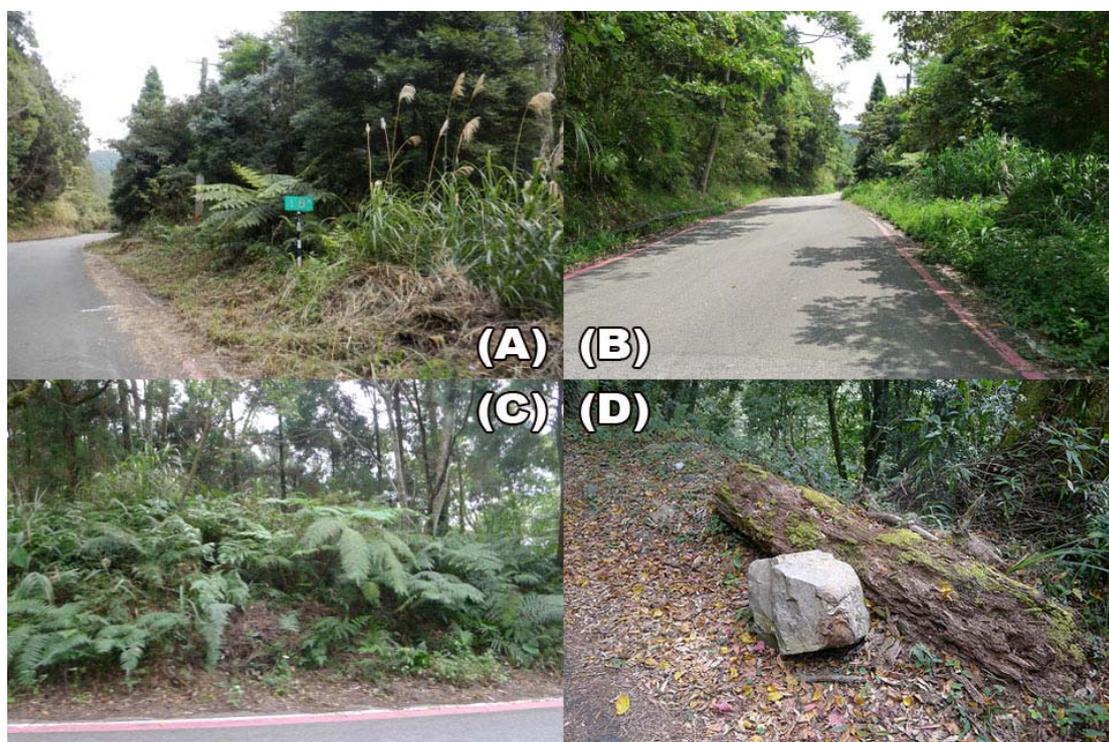
圖 6.2.2-1 大雪山林道連續混凝土護欄下方排水孔阻塞

(b) 各林道主要熱點警示告示牌設置

桶后林道建議可於林道起點和終點分別設置注意兩棲爬行動物穿越的警示告示牌(相關設計可參考附錄十一)；宜專一線建議可於起點0k處設置注意兩棲爬行動物穿越的警示告示牌；翠峰林道可於起點和終點分別設置注意爬行類和兩棲類動物穿越的警示告示牌；大雪山林道可選擇於6k、8k、10k、12k、15k和23k等位置設置注意兩棲爬行動物穿越的警示告示牌。

(c) 大雪山林道攀蜥熱點安全棲地營造試驗

大雪山林道有包含保育類短肢攀蜥在內的攀蜥道路致死課題，可能影響熱點分布的原因包括陽光充足適合攀蜥曬太陽的路段，以及路旁茂密地被植物提供豐富食物來源。建議可於17.4k-17.6k和19.5k前後的攀蜥道路致死熱點路段，選擇路堤側一處陽光充足的地點，清除小面積緊鄰路面的地被植物，鋪設木屑或碎石等材料減緩植被生長速度，並於其上放置較大的倒木或石塊，營造攀蜥偏好曬太陽的微棲地，吸引附近攀蜥於此處棲息(圖6.2.2-2)。



可營造攀蜥棲地的環境(A, B, C)，以及建議的營造方式示意(D)

圖 6.2.2-2 大雪山林道 17.5k 前後攀蜥道路致死熱點及改善建議示意

### 6.3 改善對策建議

野生動物道路致死可能帶來之負面衝擊主要有以下層面(1) 降低野生動物族群如保育類動物、特有生態系物種密度 (2)保育議題(繁殖

期或活動高峰期物種道路致死效應可能造成地區動物族群滅絕)(3)生態系統影響(猛禽及中大型哺乳動物多位於生態鏈頂端，族群數量會影響生態系平衡)(Clevenger & Huijser 2009; Forman & Alexander 1998; Forman *et al.* 2003; Spellerberg 1998)。在確認道路致死影響物種後，應針對上述負面衝擊方向進行評估分析，擬定進行減輕措施之必要性與優先順序。

國內外野生動物道路致死研究一般將道路致死因子分為棲地及道路結構兩大類(Clevenger *et al.* 2003; Coffin 2007; MacKinnon *et al.* 2005; Meek 2012; Saeki & Macdonald 2004; Smith-Patten & Patten 2008)(劉小如等，2008)分別進行探討，在兩大類外亦有提出用路人習慣因子(Cavallaro *et al.* 2005; Magnus 2006; Wang *et al.* 2010)。減輕野生動物道路致死對策也因其成因而異。擬定減輕措施時，除針對道路致死成因進行考量外，亦應注意其對策選擇須符合動物生態特性與活動模式，並對其改善減輕效應進行初步評估。根據生態調查計畫蒐集資料並釐清道路致死影響對象與路段、衝擊程度與發生原因後，即應進行道路致死影響減輕對策初擬工作(Cavallaro *et al.* 2005; Clevenger & Huijser 2009; Arizona Game and Fish Department 2008; FHWA 2011; Magnus 2006)。

參考歐洲、美洲與日本等相關文獻和案例，考量本計畫調查結果所發現之目標物種類群，評估可能較適合本計畫林道採行之道路致死減輕措施選項包含：穿越通道結合排水設施、兩棲爬行類專用通道、中小型脊椎動物圍籬、警示告示牌、改善道路結構設施(圍籬、截流溝、護欄等)、人力交通管制、大眾教育宣導、持續性資料累積等(Cavallaro *et al.* 2005; Clevenger & Huijser 2009; Huijser *et al.* 2007; Smith 2009; 北部国道事務所 2008)，而在根據各林道不同調查結果，則有不同建議改善事項，以下即分項提出建議。

### 6.3.1 針對確定目標物種之道路致死減輕改善措施

#### (1) 導引圍籬結合既有排水設施或新設通道

針對有通過道路需求之目標物種，例如大雪山林道或桶后林道梭德氏赤蛙由森林環境穿越道路至溪流進行繁殖，或是林道穿

越環境良好棲地的長度較長，而應將維持兩側棲地連結納入考量時，則建議以導引圍籬配合動物通道，作為目標物種之道路致死減輕措施。

由本計畫調查所得之結果來看，山區道路道路致死物種以兩棲類與爬行類佔絕大多數，評估建議進行道路致死減輕措施之目標種類亦均屬兩棲類或爬行類群。根據本計畫所蒐集彙整之文獻內容，兩棲類與爬行類動物通道設置時，以導引設施結合穿越式通道，導引其安全通過道路為主，其中不少案例是以結合既有之箱涵、管涵、截流溝或是穿越道路下方之溪流環境為主。惟大部分案例均提及因兩棲類和爬行類活動能力較低，動物通道應有較高的設置密度(例如50公尺即有一處通道)，避免反而因通道間的圍籬造成棲地阻隔效應。附錄十一整理了國內外相關案例道路致死改善措施的照片。

(2) 在需要避免野生動物進入的路段設置導引圍籬

若道路致死目標物種並無通過林道至對面棲地的需求，而可能單純是受路旁環境吸引前來，例如攀蜥、蛇類至柏油路面上吸取熱量，或是針對特定道路形式(如桶后林道梭德氏赤蛙道路致死路段為髮夾彎道時)，可考量僅使用含路面逃生設計之導引圍籬或具阻隔功能之水溝型式來避免動物進入道路路面，而不需另外設置通道。

(3) 警示告示牌設置

於熱點路段前後設置告示牌，請用路人降低車速並注意路面動物。一般認為此類對策通常效果有限，然而其需求成本較低，工程作業時程短且干擾少，並具有宣導教育效果，因此亦為建議執行項目之一。

(4) 總量管制或於特定路段或時段進行交通管制

今年部份林道因風災封園，道路致死數量即明顯減少，可見降低交通流量具有立竿見影之效。即使不能完全限制，但若能進行總量管制或於特定季節、特定時間或特定路段進行管制或限速等措施，應可發揮相當效益。考量執行交通管制的可行性時，若

受限於林道轄管單位人力需求，或可與相關保育團體或生態關懷團體結合進行，以克服主管單位既有人力不足等課題。

### 6.3.2 通則性道路致死改善建議

發生路段非限於特定目標物種類群，目前已發現課題之林道之主管機關皆可考慮採用。

#### (1) 持續性道路致死資料蒐集作業

##### (a) 利用既有林道維護管理人員進行道路致死調查

可由各林區管理處或工作站的既有編制人力如清潔人員和林道維護人員等負責(圖6.3.2-1)，應可在不大幅增加其工作負荷之情形下，配合適當道路致死調查教育訓練，進行長期的資料收集工作，此為長期資料回報與累積之有效機制。相較於專案性調查計畫所取得之資料，利用既有維管人員進行調查時，常會有資料品質不易統一和物種辨識能力不足(通常可藉由拍攝照片委託專家協助鑑定而獲得顯著改善)等問題，所得資料可能仍需委請專業單位或人員協助進行資料控管、分析與對策研擬。然所需經費較少，可長期持續性的累積資料則為此機制之優點，特別是對於族群量較低之稀有或保育類物種，需長期累積資料做為道路改善之依據。



圖 6.3.2-1 國道清潔人員執行道路致死調查工作情形

(b) 不定時回報機制

除利用既有林道維護管理人員進行例行性道路致死調查外，亦可擬定簡易道路致死回報表單等方式提供其他非例行性之林道相關作業單位和人員，供其於發現有道路致死動物時進行填寫回報。如本計畫今年度執行時，即有接獲各林區管理處提供之道路致死資訊或其他動物消息，其中包含屬保育類之羽鳥氏帶紋赤蛇(新竹林管處提供)與山羌(疑似遭野狗追趕摔死而非道路致死個體，東勢林管處提供)。

(c) 建置資料庫或與現有生態多樣性資料庫結合

由林道相關常態性或非常態性作業人員所回報之道路致死紀錄，以及相關委託計畫執行成果，需經由彙整、校對、建檔、分析和評估後，方能成為保育對策擬定與參考執行之依據，如國外相關單位所架設之道路致死回報網站，或是交通安全負責部門累積之動物-車輛撞擊事件發生點位等。累積之道路致死資料的管理和分析可考量結合既有之生態資料庫進行，除能降低作業成本需求外，物種道路致死點位資料亦可作為物種分布資訊，分享提供其他學術研究使用、生態保育或環境教育等用途。

(d) 專案性調查計畫辦理

在經費許可情形下，以專案性調查計畫針對有需求之林道以標準程序進行調查，並以(i)目標物種釐清、(ii)熱點路段或時段確認、(iii)道路致死減輕或其他保育對策研擬和(iv)後續建議方向提供為主要目標和工作方向。惟其經費、人力需求較高，因此長期而持續性進行調查與資料累積通常不易達成，可考量優先於道路致死潛在風險較高路段或已確認有道路致死課題的林道執行。

(2) 大眾宣導

(a) 於環境教育、生態資訊展覽等場域進行宣導

大雪山林道與太平山均有森林遊樂區遊客中心，即為既

有適合環境教育或生態資訊展示之場域。本計畫調查記錄結果同時可說明林道上豐富之生態資源，以及道路致死課題現況，可以設計宣導海報看板、教材或道路致死動物標本展示等方式提供遊客相關訊息，可具有說明生態環境珍貴性、導正用路人開車習慣以減輕道路致死課題之效用，並可呈現主管單位投注於生態資源維護之努力。

而桶后林道雖然較無既有專門進行環境教育展示之場所，然由於其施行總量管制機制，一般遊客進入前需於網路上進行登錄申請許可，可將相關資訊簡要於網路上進行呈現，建議申請遊客事先閱讀相關資訊，為教育宣導可考量採用之方式。此外，桶后林道所執行之總量管制主要由里程約2K處之管制站執行，於該處以海報等型式作為對遊客宣導之用，亦建議主管單位納入考量中。

除於定點或網站上進行教育宣導外，亦可於林道沿線以布條等方式進行相關宣導(圖6.3.2-2)，或於各林道或森林遊樂區舉辦大型活動如賞鳥比賽或賞楓活動時一併進行宣導。



圖 6.3.2-2 大雪山林道沿線宣導行車安全布條

(b) 提供遊客資訊摺頁與回報資料表單

除海報型式外，以摺頁方式提供遊客相關資訊亦為有效的推廣宣導方式，此外摺頁上可加入簡易道路致死回報表格，鼓勵對議題關注較深的遊客回報所發現道路致死相關資訊，同時可協助資料累積，作為改善措施執行的參考基礎。

(3) 配合林道管理維護等工程單位，逐步進行改善作業

回顧本計畫所蒐集之道路致死改善措施操作指南或指導手冊，均強調與道路工程或養護管理結合之重要性。目前各林道主要道路工程均已完成，然因臺灣地質與氣候特性之故，各林道經常需要進行修繕工程。目前林道已知之道路致死目標物種類群多為兩棲類與爬行類，國外有豐富配合既有排水設施如箱涵、管涵、截流溝等改善案例，本計畫於各林道進行道路結構因子調查時亦有不少此類結構物之紀錄。未來建議可加強保育事業主管機關與道路工程養護單位之橫向聯繫，當已知熱點路段有工程修繕或養護必要時，可配合同時進行改善工程進行。

## 6.4 新竹、東勢與羅東林區管理處拜訪

本年度計畫執行階段，即有拜會第一階段與第二階段進行道路致死調查林道轄管之林區管理處，包含新竹林區管理處(轄管大鹿林道、樂山林道與桶后林道)，東勢林區管理處(轄管大雪山林道)與羅東林區管理處(轄管宜專一線與翠峰林道)，拜訪主要目的包含各林道基本資料確認與更新、計畫階段性成果說明、相關課題或現況請益及各類型改善措施可行性請益等方面。以下即簡要說明拜會各林區管理處重點事項摘錄，並做為後續執行工作項目或建議改善對策參考。

(1) 新竹林區管理處

(a) 新竹林區管理處有匯整近年道路致死紀錄，提供作為本計畫作業內容，以及提供烏來工作站相關人員聯繫資訊，以進一步進行拜會與現況請益。

(b) 今年度原預計8月份於桶后林道進行遊客宣導及參與調查機

制試驗操作之試驗操作，以瞭解民眾參與調查之可行性與可能問題，然因風災對造成林道受損，桶后林道即封閉而限制遊客進入，因而未執行相關試驗。

- (c) 本計畫期中審查時會議時，即有討論桶后林道道路致死課題較為顯著之梭德氏赤蛙，於其繁殖期進行傍晚之暫時性交通管制可行性。然就林區管理處方面，現場執行人力缺乏與當地居民出入不易進行管制，為需考量之面向。
- (d) 因進行拜會時亦有治山課工程師參與進行討論，即向其請益目前國外兩棲類或爬行類道路致死減輕措施在國內是否可行，以及未來桶后林道道路工程進行時，提供生態方面考量與建議之可能性。
- (e) 目前桶后林道有編制道路清潔人員，或可考量進行教育訓練，由道路清潔人員執行較為長期之調查作業，累積相關資料。
- (f) 大鹿林道因有軍方工程正在執行，重型卡車出入頻繁且道路工程維修頻率高，在近年將會有持續擾動與變動之情形。由於其不確定性，因此道路致死調查與改善之示範操作對象暫時不考量本林道。

## (2) 東勢林區管理處

- (a) 對遊客進行道路致死課題宣導，並請其協助回報道路致死資料之試驗操作，相關內容請見5.2.2節。
- (b) 匯整近年大雪山林道道路致死紀錄，提供作為本計畫作業內容。
- (c) 由於道路致死多處熱點路段位於林班地範圍外，可能與15k前大雪山社區居民及遊客數量有關，東勢林管處即建議可聯繫大雪山社區發展協會及派出所進行訪談。
- (d) 目前大雪山林道較受關注之生態課題，尚包含鳥類攝影愛好者於里程23k處與47k處長期餵食藍腹鷓鴣與黑長尾雉，吸引其至道路上以方便進行拍攝，具有造成道路致死、野生動物過

於依賴人為提供食物且影響養份攝取、拍攝人員與遊客行車安全等潛在問題。

(3) 羅東林區管理處

- (a) 雖然目前宜專一線與翠峰林道尚未發現明顯道路致死物種類群與熱點，若能整理本案相關資料，於遊客中心等場所進行成果說明與宣導，為後續可行對策。
- (b) 若請遊客協助進行調查道路致死執行時，由於林道上來往車輛速度較快，且部分彎道會影響可視道路距離，會有安全上之顧慮。
- (c) 建議未來計畫進行至相當程度後，可提出對於山區道路改善在生態層面上之相關建議。

## 參考文獻

- Ament R, Galarus D, Richardson H, Hardy A (2007) Roadkill Observation Collection System (ROCS) Virginia Transportation Research Council & the Washington State Department of Transportation
- Anderson LK (2005) Highway crossing structures for metropolitan Portland's Wildlife. Road Ecology Center, Portland State University, OR.
- Angelsen A, Kaimowitz D (1999) Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *World Bank Research Observer* **14**, 73-98.
- Bager A, da Rosa CA (2010) Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. *Biota Neotrop* **10**, 150-153.
- Bailey C (2010) Connecting Animal/Vehicle Collisions to Highway Size, Speed Limits, Traffic Volumes, & Wildlife Corridors
- Barnes RFW, Blom A, Alers MPT (1995) A review of the status of forest elephants *Loxodonta africana* in Central Africa. *Biological Conservation* **71**, 125-132.
- Baruch-Mordo S (2007) *Black bear-human conflicts in Colorado: spatiotemporal patterns and predictors*, Colorado State University.
- Beaudry F, Demaynadier PG (2010) Identifying hot moments in road-mortality risk for freshwater turtle. *Journal of Wildlife Management* **74**, 152-159.
- Bekker H, Dekker J (2009) Effectiveness of mitigation measures to reduce road mortality in the Netherlands: Badger *Meles Meles*. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 613-624, Duluth, Minnesota.
- Benitez-Lopez A, Alkemade R, Verweij PA (2010) The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. *Biological Conservation* **143**, 1307-1316.
- Bhattacharya M, Primack RB, Gerwein J (2003) Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area? *Biological Conservation* **109**, 37-45.
- Brock RE, Kelt DA (2004) Influence of roads on the endangered Stephens' kangaroo rat (*Dipodomys stephensi*): are dirt and gravel roads different? *Biological Conservation* **118**, 633-640.
- Canaday C (1997) Loss of insectivorous birds along a gradient of human impact in Amazonia. *Biological Conservation* **77**, 63-77.
- Carr LW, Fahrig L, Pope SE (2002) Applying Landscape Ecology in Biological Conservation. In: *Applying landscape ecology in biological conservation* (ed.

- J. GK), pp. 225-243. Springer-Verlag, New York
- Cavallaro L, Sanden K, Schellhase J, Tanaka M (2005) Designing Road Crossings for Safe Wildlife Passage: Ventura County Guidelines. University of California.
- Charry B, Jones J (2009) Traffic volume as a primary road characteristic impacting wildlife: a tool for land use and transportation planning. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 159-172, Duluth, Minnesota.
- Clarke GP, White PCL, Harris S (1998) Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. *Biological Conservation* **86**, 117-124.
- Clevenger AP (2005) Conservation Value of Wildlife Crossings: Measures of Performance and Research Directions, pp. 124-129.
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson K (2001) Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology* **38**, 1340-1349.
- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson KE (2003) Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* **109**, 15-26.
- Clevenger AP, Hardy A, Gunson K (2006) Analyses of wildlife-vehicle collision data: applications for guiding decision-making for wildlife crossing mitigation and motorist safety. In: *II. Methods and applications - Hotspot identification of wildlife-vehicle collisions for transportation planning*. Utah State University.
- Clevenger AP, Waltho N (2000) Factors Influencing the Effectiveness of Wildlife Underpasses in Banff National Park. *Conservation Biology* **14**, 47-56.
- Clevenger AP, Waltho N (2005) Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* **121**, 453-464.
- Clevenger T, Huijser MP (2009) Handbook for Design and Evaluation of Wildlife Crossing Structures in North America. Federal Highway Administration, Washinton, DC.
- Coffin AW (2007) From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* **15**, 396-406.
- Deckers B, Becker PD, Honnay O, Hermy M, Muys B (2005) Sunken roads as habitats for forest plant species in a dynamic agricultural landscape: effects of age and isolation. *Journal of Biogeography* **32**, 99-109.
- Arizona Game and Fish Department (2006) Guidelines for Culvert Construction to Accommodate Fish & Wildlife Movement and Passage. Arizona Game and Fish Department.
- Arizona Game and Fish Department (2008) Guidelines for Bridge Construction or

- Maintenance to Accommodate Fish & Wildlife Movement and Passage.  
Arizona Game and Fish Department.
- Develey PF, Stouffer PC (2001) Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in central Amazonian Brazil. *Conservation Biology* **15**, 1416-1422.
- Dodd CK, Barichivich WJ, Smith LL (2004) Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* **118**, 619-631.
- Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF (1995) Effect of Road Traffic on Amphibian Density. *Biological Conservation* **73**, 177-182.
- Fahrig L, Rytwinski T (2009) Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* **14**, Available from <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss11/art21/>.
- FHWA (2011) Wildlife Crossing Structure Handbook Design and Evaluation in North America. Federal Highway Administration.
- Forman RTT, Alexander LE (1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**, 207-231.
- Forman RTT, Sperling D, Bissonette JA, *et al.* (2003) *Road Ecology: Science and Solutions* Island Press, Washington, D.C.
- Frantz E (2009) JUDD Road connector: Lessons learned in ecological mitigation-wildlife crossings, habitat reservation, wetlands and more. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 341-347, Duluth, Minnesota.
- Gartshore G, Thompson G, Harrington A, *et al.* (2009) Long point world biosphere reserve causeway improvement plan, Port Rowan Ontario: Benefits for wildlife movement, species at risk, traffic and pedestrian safety. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 30-46, Duluth, Minnesota.
- Getz LL, Cole FR, Gates DL (1978) Interstate Roadsides as Dispersal Routes for *Microtus pennsylvanicus*. *Journal of Mammalogy* **59**, 208-212.
- Godefroid S, Koedam N (2004) The impact of forest paths upon adjacent vegetation: effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction. *Biological Conservation* **119**, 405-419.
- Gomes L, Grilo C, Silva C, Mira A (2009) Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. *Ecological Research* **24**, 355-370.
- Grant SB, Rekhi NV, Pise NR, *et al.* (2003) Review of the contaminants and toxicity associated with particles in stormwater runoff. California Department of

- Transportation, Sacramento, CA.
- Gunson KE, Ireland D, Schueler F (2009) Incorporating road-mortality hotspot modeling and connectivity analyses into road mitigation planning in Ontario, Canada. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 197-205, Duluth, Minnesota.
- Guyot G, Clobert J (1997) Conservation Measures for A Population of Hermann's Tortoise *Testudo hermanni* in Southern France Bisected by A Major Highway. *Biological Conservation* **79**, 251-256.
- Hagood S (2009) Reduction road-based habitat fragmentation: an eastern box turtle (*Terrapene C. carolina*) pilot project. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 539-545, Duluth, Minnesota.
- Harris LD, Scheck J (1991) From implications to applications: the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity. In: *Nature Conservation 2: The Role of Corridors* eds. Saunders DA, Hobbs RJ), pp. 189-220, Chipping Norton, Australia.
- Haskell DG (2000) Effects of forest roads on macroinvertebrate soil fauna of the Southern Appalachian Mountains. *Conservation Biology* **14**, 57-63.
- Helldin JO, Folkesson L, Göransson G, *et al.* (2009) Similar impact, similar solutions? The effects of transport infrastructure on outdoor recreation and wildlife. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 268-275, Duluth, Minnesota.
- Hels T, Buchwald E (2001) The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* **99**, 331-340.
- Huijser MP, Bergers PJM (2000) The effect of roads and traffic on hedgehog (*Erinaceus europaeus*) populations. *Biological Conservation* **95**, 111-116.
- Huijser MP, Kociolek A, McGowen P, *et al.* (2007) Wildlife-Vehicle Collision and Crossing Mitigation Measures: a Toolbox for the Montana Department of Transportation. Montana Department of Transportation, Helena, Montana.
- Hussey BMJ (1991) The flora roads survey - volunteer recording of roadside vegetation in Western Australia. In: *Nature Conservation 2: The Role Of Corridors* (eds. Saunders DA, Hobbs RJ), pp. 41-48, Chipping Norton, New South Wales.
- Jacobson SL (2005) Mitigation Measures for Highway-caused Impacts to Birds, pp. 1043-1050. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.
- Jochimsen DM (2005) Factors influencing the road mortality of snakes on the Upper Snake River Plain, Idaho. In: *International Conference on Ecology & Transportation*, San Diego, California
- Johnson WC, Collinge SK (2004) Landscape effects on black-tailed prairie dog

- colonies. *Biological Conservation* **115**, 487-497.
- Jones JA, Frederick JS, Wemple BC, Snyder KU (2000) Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. *Conservation Biology* **14**, 76-85.
- Kleist AM, Lancia RA, Doerr PD (2007) Using video surveillance to estimate wildlife use of a highway underpass. *Journal of Wildlife Management* **71**, 2792-2800.
- Kociolek AV, Clevenger AP (2009) Effects of Paved Roads on Birds: A Literature Review and Recommendations for the Yellowstone to Yukon Ecoregion. Western Transportation Institute, Alberta, Canada.
- Kociolek AV, Huijser MP, Galarus D, Taylor DW, Kintsch J (2009) Motorists as citizen scientists: the benefits of a wildlife reporting website. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation.*, pp. 116-129, Duluth, Minnesota.
- Langen TA (2009) Predictive models of herpetofauna road mortality hotspots in extensive road networks: Three approaches and a general procedure for creating hotspot models that are useful for environmental managers. . In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation.*, pp. 475-486, Duluth, Minnesota.
- Langen TA, Ogden KM, Schwarting LL (2009) Predicting Hot Spots of Herpetofauna Road Mortality Along Highway Networks. *Journal of Wildlife Management* **73**, 104-114.
- Lee T, Quinn M, Duke D (2009) Road watch in the pass: Web-based citizen involvement in wildlife data collection. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation.*, pp. 95-101, Duluth, Minnesota.
- Lin SC (2009) Ecological effects of road construction on regional ecosystems. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 183-196, Duluth, Minnesota.
- MacKinnon CA, Moore LA, Brooks RJ (2005) Why did the reptile cross the road? Landscape factors associated with road mortality of snakes and turtles in the south eastern Georgian Bay area, 153-166.
- Magnus Z (2006) Wildlife Roadkill Mitigation Information Kit: A Guide for Local Government and Land Managers (ed. Chamberlain B). Sustainable Living Tasmania, , Hobart.
- Mata C, Hervàs I, Herranz J, *et al.* (2003) Effectiveness of wildlife crossing structures and adapted culverts in a highway in Northwest Spain. In: *The 2003 International Conference on Ecology & Transportation*, pp. 265-276, Lake Placid, New York.
- McDonald W, St Clair CC (2004) Elements that promote highway crossing structure

- use by small mammals in Banff National Park. *Journal of Applied Ecology* **41**, 82-93.
- Meaney C, Bakeman M, Reed-Eckert MW, E (2007) Effectiveness of ledges in culverts for small mammal passage. Colorado Department of Transportation Research Branch, Boulder, Colorado.
- Mech D, Fritts SH, Radde GL, Paul WJ (1988) Wolf distribution and road density in Minnesota. *Wildlife Society Bulletin* **16**, 85-87.
- Meek R (2012) Patterns of amphibian road-kills in the Vendée region of Western France. *Herpetological Journal* **22**, 51-58.
- Meese RJ, Shilling FM, Quinn JF (2007) Wildlife Crossings Guidance Manual. California Department of Transportation.
- Nellemann C, Vistnes I, Jordhøy P, Strand O (2001) Winter distribution of wild reindeer in relation to power lines, roads and resorts. *Biological Conservation* **101**, 351-360.
- Nislow KH (2009) Road infrastructure and stream habitat connectivity: Research to aid management and conservation plans in a changing environment. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, p. 277-282, Duluth, Minnesota.
- Oxley DJ, Fenton MB, Carmody GR (1974) The effects of roads on populations of small mammals. *Journal of Applied Ecology* **11**, 51-59.
- Reed RA, Johnson-Barnard J, Baker WL (1996) Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology* **10**, 1098-1106.
- Reijnen R, Foppen R, Veenbaas G (1997) Disturbance by traffic of breeding birds: Evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. *Biodiversity and Conservation* **6**, 567-581.
- Reijnen RF, R. P. B., Veenbaas GB, H. (2002) Disturbance by traffic as a threat to breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. In: *Wildlife and Roads: The Ecological Impact* (eds. Sherwood B, Cutler D, Burton JA), pp. 249-267.
- Roe JH, Gibson J, Kingsbury BA (2006) Beyond the wetland border: Estimating the impact of roads for two species of water snakes. *Biological Conservation* **130**, 161-168.
- Saeki M, Macdonald DW (2004) The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. *Biological Conservation* **118**, 559-571.
- Sawyer H, Rudd B (2005) Pronghorn Roadway Crossings: A Review of Available Information and Potential Options. Federal Highway Administration, Wyoming Department of Transportation, Wyoming Game and Fish

- Department.
- Seiler A (2001) Ecological Effects of Roads University of Agricultural Sciences.
- Seiler A (2005) Predicting locations of moose-vehicle collisions in Sweden. *Journal of Applied Ecology* **42**, 371-382.
- Shilling F, Waetjen D, Quinn J (2010) California Roadkill Observation System. Department of Environmental Science and Policy.
- Sillero N (2008) Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis. *Amphibia-Reptilia* **29**, 337-347.
- Smith-Patten BD, Patten MA (2008) Diversity, seasonality, and context of mammalian roadkills in the southern great plains. *Environmental Management* **41**, 844-852.
- Smith CM (2009) Using specialized tunnels to reduce highway mortality of amphibians. . In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation.*, pp. 583-591, Duluth, Minnesota.
- Smith DJ (1999) Identification and prioritization of ecological interface zones on state highways in Florida. In: *Proceedings of the Third International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*, pp. 209-230. Florida Department of Transportation, Tallahassee.
- Smith LL, Smith KG, Barichivich WJ, Dodd CK, Sorensen K (2005) Roads and Florida's herpetofauna: a review and mitigation case study. In: *Amphibians and reptiles : status and conservation in Florida* (eds. Meshaka WE, Babbitt KJ), pp. 32-40. Krieger Publishing Company, Florida.
- Soanes K, van der Ree R (2009) Arboreal mammal use an aerial rope bridge to cross major highway. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 441-451, Duluth, Minnesota.
- Sousa J, Filipe J, Grilo C, *et al.* (2009) How do major roads affect barn owls? Distribution, space use, food source and mortality. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 407-417, Duluth, Minnesota.
- Spellerberg IF (1998) Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography* **7**, 317-333.
- Theobald DM, Miller JR, Hobbs N (1997) Estimating the cumulative effects of development on wildlife habitat. *Landscape and Urban Planning* **39**, 25-36.
- Trombulak SC, Frisselt CA (2000) Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* **14**, 18-30.
- US-EPA (2001) Our vuilt and natural environments: a technical review of the interactions between land use, transportation, and environmental quality. Development, Community, and Environment Division, Wanshington, DC.

- van der Grift, Ottburg F, Snep R (2009a) Monitoring wildlife overpass use by amphibians: Do artificially maintained humid conditions enhance crossing rates? In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 379-396, Duluth, Minnesota.
- van der Grift EA, Biserkov V, Simeonova V, Huijser MP (2009b) Restoring ecological networks across transport corridors in Bulgaria. In: *Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation*, pp. 552-566, Duluth, Minnesota.
- Vermeulen HJW (1994) Corridor function of a road verge for dispersal of stenotopic heathland ground beetles carabidae. *Biological Conservation* **69**, 339-349.
- Vijayakumar SP, Vasudevan K, Ishwar NM (2001) Herpetofaunal mortality on roads in the Anamalai Hills, Southern Western Ghats. *Hamadryad* **26**: 265-272.
- Vokurka CS, Young RK (2008) Relating Vehicle-Wildlife Crashes to Road Reconstruction.
- Wang Y, Lao Y, Wu YJ, Corey J (2010) Identifying High Risk Locations of Animal-Vehicle Collisions on Washington State Highways. Washington State Department of Transportation.
- Weibley, B & Stoddard, I (2007) : UBC Organics Bins - accessibility assessment – a geog 471 project.  
<http://www.geog.ubc.ca/courses/geob479/classof07/composting/Contact.html>
- Willard BE, Warr JW (1971) Recovery of alpine tundra under protection after damage by human activities in the rocky mountains of Colorado. *Biological Conservation* **3**, 181-190.
- Wilson DD (2012) *Hotspot analysis of road kill in Southern California: a GIS approach*, California State University.
- 北部国道事務所 (2008) 小動物保全対策の手引き (案). 沖縄総合事務局北部国道事務所.
- 向高世、李鵬翔、楊懿如。2009。台灣兩棲爬行類圖鑑。貓頭鷹出版社。台北市。
- 林德恩、趙仁方、黃永慶、林登榮。2007。綠島地區道路殺手效應之研究。2007動物行為暨生態研討會-中國生物學會聯合年會。95頁。
- 許永暉。2010。高速公路鳥類道路致死效應減輕措施評估-以路旁植被及隔音牆為例。國立臺灣大學生命科學院生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 許海龍、孫元勳、鍾奕霆、陳知麟、范惠媛。2004。九十三年度墾丁國家公園陸蟹產卵生態廊道技術探討。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託調查報告。
- 曾榮英。2008。翠峰林道-宜專一線爬行動物車輛輾壓傷害之研究。國立中央大學環境工程研究所碩士論文。
- 曾榮英、蘇維翎。2006。道路工程對生態環境的影響—直接影響。環境資訊電子

- 報。 <http://e-info.org.tw/node/13897>
- 曾榮英、蘇維翎。2006。道路工程對生態環境的影響—間接影響。環境資訊電子報。 <http://e-info.org.tw/node/14107>
- 曾榮英、蘇維翎。2006。道路工程對生態環境的影響—衍生影響。環境資訊電子報。 <http://e-info.org.tw/node/14352>
- 黃光瀛。2006。陽明山國家公園野生動物穿越道路涵洞微型生態廊道系統。2006年生態工程博覽會 陽明山動物通道研討會。
- 林世強。2009。金門動物車禍調查與分析(Survey and Analysis of Road Kill in Kinmen)。國家公園學報第 19 期，頁 31-46。
- 林俊聰，2011，臺灣產爬行動物的分布調查-北橫地區路死爬行類種類調查(II)。國立臺灣博物館。
- 劉小如、詹仕凡、李欽國、楊建鴻、洪貫捷。2008。陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究。陽明山國家公園管理處委託研究報告。
- 交通部臺灣區國道新建工程局，2007，二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(第一期)。
- 交通部臺灣區國道新建工程局，2008，二高沿線環境特性調查與國道計畫環境復育之研究(第二期)。
- 交通部臺灣區國道高速公路局，2011，營運階段國道永續發展環境復育改善研究計畫。
- 行政院公共工程委員會。2006。生態工程應用在道路工程之研究。亞新工程顧問公司執行。
- 臺東縣政府。2007。綠島生態資源永續發展計畫：蟹類生態廊道規劃建置。
- 臺東縣政府。2009。綠島蟹類生態廊道建置及監測計畫委託專業服務。

## 附錄一 林道初步評選表



## 附錄一 林道初步評選表

(● 初評最優先林道 ○ 初評次優先林道)

初評結果	林區別	林道名稱	林班地內 長度 km	管制狀況	柏油鋪面 長度 km	水泥鋪面 長度 km	森林遊樂區 聯外道路	景點	近期四輪車輛行駛狀況
●	新竹處	桶后林道	14	乙種 0K	7.4	5.7		桶後越嶺步道/桶後溪	通暢
	新竹處	達觀山林道	3			2.8		拉拉山森林遊樂區	通暢
	新竹處	東眼山林道	2		2.8		◎	東眼山森林遊樂區	通暢
●	新竹處	大鹿林道本線	24	乙種 15K	27.3		◎	大霸尖山步道	通暢，9k 以下部份路段整修中
	新竹處	大鹿林道東線	29	公務		3.0		大霸尖山	沿路有些崩塌，開車不易
	新竹處	司馬限林道	24	柵欄 23.7K	8.0			雪見遊憩區	通暢
	新竹處	羅山林道下線	19	乙種 0K				霞喀羅古道	車不能開
	新竹處	羅山林道上線	17	乙種 0K		4.6			通暢
	新竹處	八卦力林道	3			7.0			通暢
	新竹處	內洞林道	9	公務	1.6			內洞森林遊樂區	通暢
	新竹處	大坪林道	4					佳里山步道	通暢
	新竹處	大滿林道	4						通暢
	新竹處	大湖溪林道	9						路況不佳 車不好開
	新竹處	水田林道	4	柵欄 0K		2.6		北德拉蔓步道	不明
	新竹處	東河林道	3		7.4	0.6		神仙谷、鹿場	通暢
	新竹處	蓬萊林道	3						通暢
○	新竹處	樂山林道	10	乙種		6.0		巨木步道/遠眺聖稜線	通暢，水泥路面多破損
	東勢處	八仙山林道	4		4.6		◎	八仙山森林遊樂區	通暢
●	東勢處	大雪山林道	>59		50.0		◎	鳶嘴稍來小雪山國家步道	通暢
	東勢處	大雪山林道神木支線	3	公務		1.6		大雪山神木	通暢
	東勢處	出雲山林道	2		2.0				不明
	東勢處	觀音山林道	>7		1.0				不明
	東勢處	雪山坑林道	>10	公務					不明

初評結果	林區別	林道名稱	林班地內 長度 km	管制狀況	柏油鋪面 長度 km	水泥鋪面 長度 km	森林遊樂區 聯外道路	景點	近期四輪車輛行駛狀況
	東勢處	摩天嶺林道	2	公務	1.0				不明
	東勢處	麻必浩林道	3						不明
	東勢處	八仙山苗圃林道	1			1.2		八仙山森林遊樂區	通暢
	東勢處	西勢山林道	>56						車不能開
○	東勢處	裡冷林道	>40		6.0	0.6			5k後有崩塌，路基流失
	東勢處	船型山林道	48					鳶嘴稍來小雪山國家步道	不明
	東勢處	平石山林道	24						不明
○	東勢處	烏石坑林道	6		1.0	6.0			通暢，路況差
	南投處	郡大林道	>70	甲種		13.0			通暢
	南投處	人倫林道	29		7.0	8.0			部分通暢，可達17km以上
	南投處	奧萬大聯外道路	3		10.6		◎		通暢
	南投處	卓社林道	>17			2.5			部分通暢，可至14K
	南投處	雙龍林道	9						部分通暢，可至5K
	南投處	萬大林道	13						中後段路況不佳
○	南投處	阿冷坑林道	8		2.8	5.2			通暢，路況差
○	南投處	長興林道	6		5.0	1.5			通暢，路況差
	南投處	武界林道	36						6k以上施工中無法通行
	南投處	尖台林道	7						不明
	南投處	白毛山林道	5			5.0			通暢
	嘉義處	祝山林道	5	柵欄0K	8.0		◎	塔山國家步道	通暢
	嘉義處	楠溪林道	33	公務	2.9	6.5		玉山國家步道	部分通暢，可至11K工作站
	嘉義處	焙仔桶林道	3		2.0	8.0			通暢
	嘉義處	梅蘭林道	37			1.5			不明
	嘉義處	瀨頭林道	3						不明
	嘉義處	南山林道	12						不明
	屏東處	藤枝林道	5		18.0		◎		通暢，告示遊客勿進入
	屏東處	壽卡林道	5						通暢
	屏東處	雲山林道	42	柵欄0K		5.0			不明

初評結果	林區別	林道名稱	林班地內 長度 km	管制狀況	柏油鋪面 長度 km	水泥鋪面 長度 km	森林遊樂區 聯外道路	景點	近期四輪車輛行駛狀況
	屏東處	高中林道	16			6.0			部份通暢，可至 2.8k
○	屏東處	美瓏山林道	>32			7.0			部份通暢，可至 17k，路況不良
	屏東處	來義林道	3			7.0			不明
○	屏東處	沙溪林道	27		2.0	9.0			部份通暢，可至 14K，路況不良
	屏東處	石山林道	>20	柵欄 0K	6.0	1.0			封閉
	屏東處	三民林道	1						不明
	屏東處	扇平林道	3	公務	8.0	4.0			封園，現屬林試所管轄
	屏東處	五指寮林道	>16			5.0			部份通暢，可至 5K
	屏東處	大漢林道	11			2.5		浸水營古道	部份通暢，可至 22K
	台東處	延平林道	42	管制站 10K		26.0			部份通暢，可至 27K
	台東處	錦屏林道	14	乙種/柵欄		20.0			部份通暢，可至 13K
	台東處	紅石林道	12	檢查哨 10K		13.0			不明
	台東處	知本林道	>12			11.0		鄰近知本森林遊樂區	部份通暢，可至 7.5K
	台東處	利嘉林道	30	柵欄 13K		21.0			部份通暢，可至 13K
	台東處	霧鹿林道	17	乙種/柵欄		20.0			部份通暢，可至 14.5K
○	花蓮處	西林林道	31	乙種		16.8			部份通暢，18-20k 施工中無法通行
○	花蓮處	萬榮林道	35	乙種/管制站 9.5k	12.0	0.0			部份通暢，可至 32K，但 10k 前有積水不易通過
○	花蓮處	光復林道	21			18.8			部份通暢，11k 路基塌陷無法通行
○	花蓮處	瑞穗林道	31	乙種		10.2			部份通暢，可至 15K，但起點附近過水路不易通過
○	花蓮處	中平林道	>33			9.0			部份通暢，可至 17.4K，5.5k 後路況差
	花蓮處	長良林道	25	石牆 7.8K、8.2K		7.0			通暢

初評結果	林區別	林道名稱	林班地內 長度 km	管制狀況	柏油鋪面 長度 km	水泥鋪面 長度 km	森林遊樂區 聯外道路	景點	近期四輪車輛行駛狀況
●	羅東處	宜專一線	21		24.5		◎	太平山國家森林遊樂區	通暢
●	羅東處	翠峰林道	17		16.5		◎	太平山國家森林遊樂區	通暢
	羅東處	和平林道	>49			4.5			部分通暢，可至 15K
	羅東處	古魯林道	26	甲種					車不能開
	羅東處	鹿皮林道	8						車不能開
	羅東處	金洋林道	9					南澳古道	通暢
	羅東處	四季林道	>21	甲種		4.0			部分通暢，可至 3K
	羅東處	嘉平林道	12						車不能開
	羅東處	安平坑林道	19	柵欄 0K (礦區)	11.0				通暢
	羅東處	武荖坑林道	11						通暢
●	初評最優先林道 ○ 初評次優先林道								

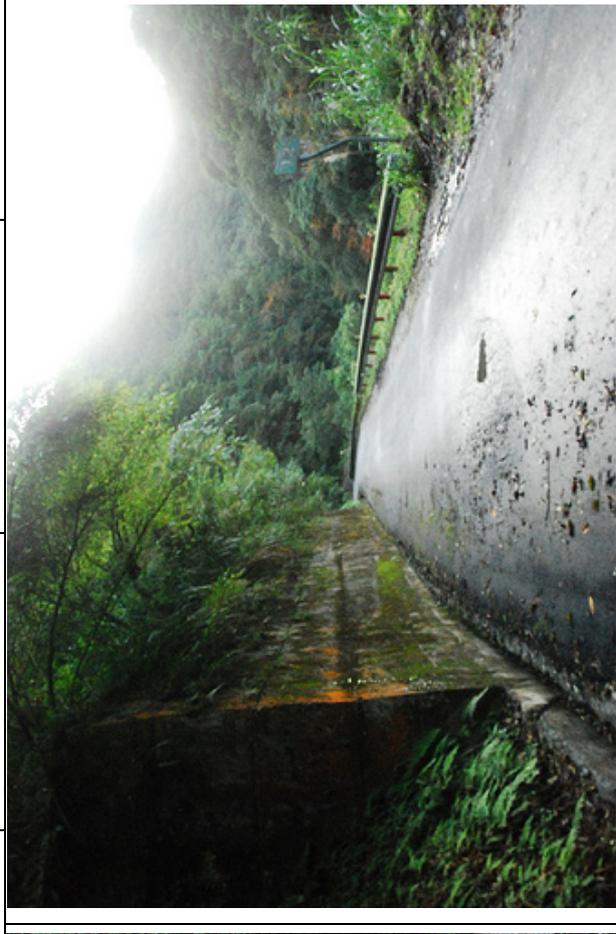
## 附錄二 林道現勘紀錄表



## 附錄二 林道現勘紀錄表

(●初評最優先林道 ○初評次優先林道)

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
●	桶后林道	11/11/28 12/01/03	全線硬鋪面、單或雙車道、無工程、路況佳	車輛無管制，全線通行	全線林相自然完整	夏假日遊客車輛較多，平日遊客不多	0K



初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
●	大鹿林道本線	11/12/28	大部分硬鋪面，9k以下部份路段整修中，工程大，路況不佳。21-28k路況良好。	車輛無管制，全線通行	9k以後兩側植被自然完整	9k以下施工車輛多，日間遊客不少，觀霧夜間不開放，山莊未開放，住宿多在15k以下。	1K
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	樂山林道	11/12/28	水泥鋪面，但鋪面多破損	6K處有管制告示	兩側人工林及次生林完整	1.5K有觀霧神木步道入口，6K處有停車場及步道入口連結神木步道	0K
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
●	大雪山林道	11/12/23	全線硬鋪面、雙車道、路況佳	車輛無管制，全線通行	14k 以後次生林完整	非假日車流量少，以遊客、賞鳥、拍鳥者為主	14K
							

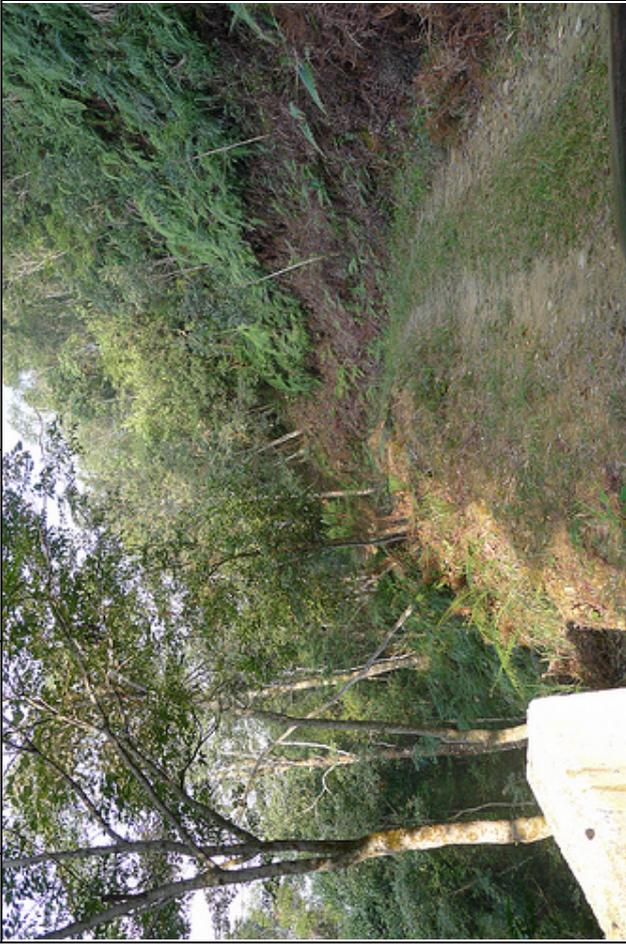
初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	裡冷林道	12/01/03	0-5k 硬鋪面，路況尚可，5k 後有崩塌、路基流失、碎石。	7k 前有柵欄無法通行	6k 後次生林完整	5k 前有當地居民農機車輛，5k 後車流量極少。	0K
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	烏石坑林道 (原 530 林道)	12/01/03	前段無硬鋪面，路況差。	車輛無管制	次生林、農墾地	車流量少	0K



初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
	奧萬大聯外道路	12/01/11	全線硬鋪面、雙車道、路況良好	車輛無管制	次生林、前段有農墾地	假日遊客多	7.5K
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
	萬大林道	12/01/11	前段硬鋪面，中後段碎石土路，路況不佳，路寬窄	車輛無管制	前段多墾地，中後段造林地和次生林	車輛少	0k
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	阿冷坑林道	12/01/03	路況差，中後段有修復尚可，路寬窄。前中段大部分為硬鋪面。	車輛無管制	造林地為主	極少	4.2K
							

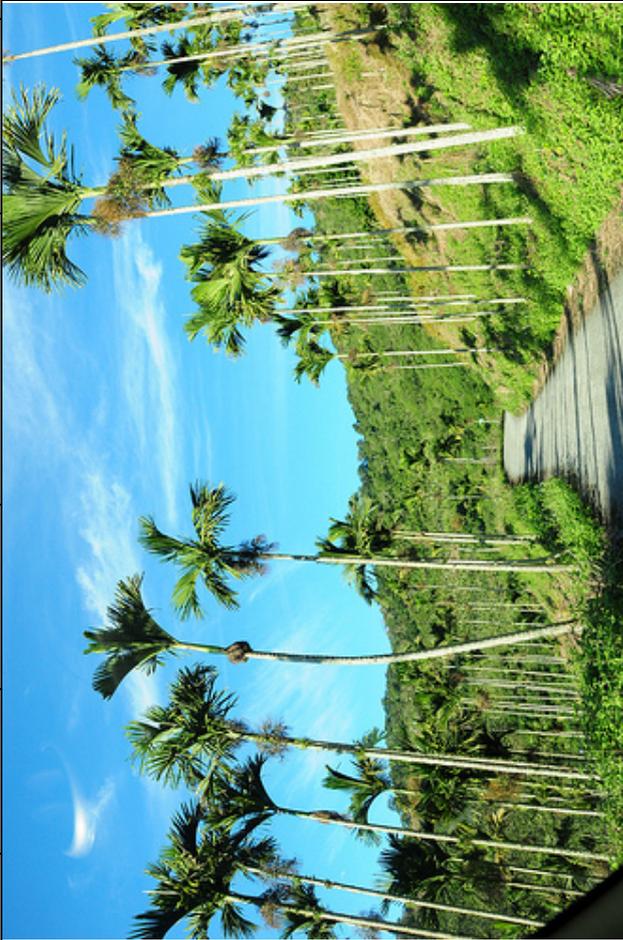
初評結果	○	林道名稱	長興林道	現勘日期	12/01/03	路況 (鋪面、路寬、工程)	路況差、路寬窄、全段硬鋪面	管制 (告示、柵欄)	車輛無管制	植被	大部分為檳榔、果園	車流	中段有民宿景點，可能 有遊客	進入林班地里程	1.0K
															

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
	武界林道	12/01/10	施工中，6k以上中斷，3-4k路況差，非硬鋪面	施工中，禁止一般車輛進入	次生林為主	工程車	0k
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
	藤枝林道	12/01/04	柏油鋪面狀況不良	嚴禁通行告示		封閉無車流	
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	美瓏山林道	12/01/04	路況差，路寬窄，鋪面狀況不良，碎石土路多	車輛無管制	次生林	極少	
							

初評結果	○	林道名稱	沙溪林道	現勘日期	12/01/04	路況 (鋪面、路寬、工程)	路況差，崩塌多，路寬窄，鋪面狀況不良，碎石土路多	管制 (告示、柵欄)	嚴禁通行告示	植被	果園、農墾地多	車流	可能僅有當地居民 農民進出	進入林班地里程	
------	---	------	------	------	----------	------------------	--------------------------	---------------	--------	----	---------	----	------------------	---------	--

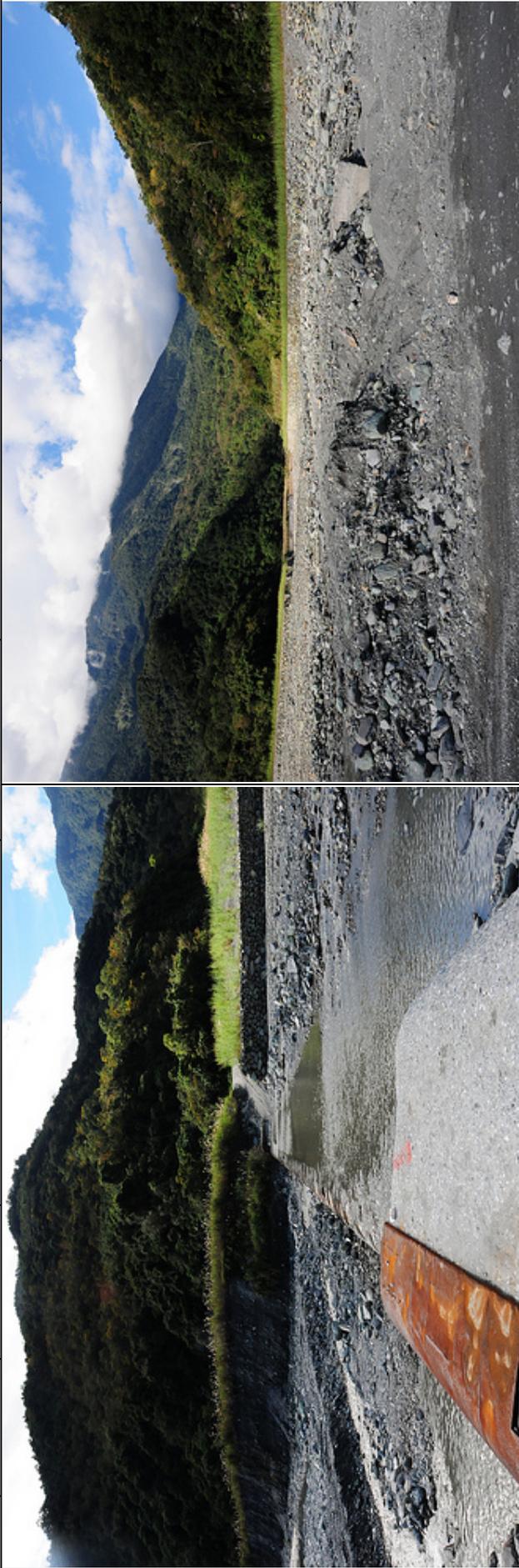
初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
	利嘉林道	12/01/09	13K 前水泥鋪面，鋪面狀況良好	13k 柵欄	11.5k 前為檳榔園，後為次生林	6k 前遊客多，車流量較大	10.5k
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	西林林道	12/01/07	路況不佳，3k以後碎石 路段多，18-20k施工中 無法通行	車輛無管制	前段次生林，3.5k後檳榔園， 8-9k造林地，11k後次生林	僅有工程車	8.5K



初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	萬榮林道	120108	水泥鋪面為主，9k有積水坑洞不易通過，10k前積水不易通過	9.5k有管制站	8k後次生林為主	車少，管制站後更少	8.5K
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	光復林道	12/01/08	水泥鋪面，10.5k後路況差， 11k後路基塌陷無法通行	車輛無管制	前段都是檳榔園	極少	12.5K
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	瑞穗林道	120108	起點附近與防砂壩共構的過水路，一般自用小客車不易通過	車輛無管制		極少	0K
							

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
○	中平林道 (玉里)	120108	水泥鋪面，5.5k 後路況差，路基塌陷， 10.5k 後更差	車輛無管制	次生林	少	7K



初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
●	宜專一線	12/01/11	全線硬鋪面、雙車道、路況良好	車輛夜間管制	次生林	假日遊客多	0K

初評結果	林道名稱	現勘日期	路況 (鋪面、路寬、工程)	管制 (告示、柵欄)	植被	車流	進入林班地里程
●	翠峰林道	12/01/12	全線硬鋪面、雙車道、 路況良好	夜間管制	次生林	假日遊客多	0K
 							

### 附錄三 各林道調查日期



### 附錄三 各林道調查日期

日期	星期	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山
2011/11/28	一	前測					
2011/12/23	五		前測				
2011/12/28	三					前測	前測
2012/1/3	二	前測					
2012/1/11	三			前測	前測		
2012/2/13	一	主					
2012/2/14	二					主	主
2012/2/21	二			主	主		
2012/2/26	日		主				
2012/3/16	五	主	主			主	主
2012/3/26	一			主	主		
2012/3/27	二			補			
2012/4/3	二		補				
2012/4/11	三					補	補
2012/4/12	四		連				
2012/4/13	五		連				
2012/4/14	六	連	連	連	連		
2012/4/15	日	連	連	連	連		
2012/4/16	一	連		連	連		
2012/4/17	二	連		連	連		
2012/4/28	六			補	補	連	連
2012/4/29	日			補	補	連	連
2012/4/30	一					連	連
2012/5/1	二		增			連	連
2012/5/2	三	增					
2012/5/7	一	增	增				
2012/5/8	二			增	增		
2012/5/14	一	增	增	增	增		
2012/5/22	二		增				
2012/5/25	五	增		增	增		
2012/5/31	四					補	補
2012/6/1	五	補		增	增		
2012/6/7	四		連				
2012/6/8	五		連				
2012/6/9	六		連				
2012/6/10	日		連				
2012/6/23	六	連		連	連		
2012/6/24	日	連		連	連		
2012/6/25	一	連		連	連		
2012/6/26	二	連		連	連		
2012/6/27	三		補				

日期	星期	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山
2012/7/2	一	增					
2012/7/5	四		增	增	增		
2012/7/11	三		增				
2012/7/12	四	增		增	增		
2012/7/18	三		增				
2012/7/20	五	增		增	增		
2012/7/24	二	增					
2012/7/26	四		增				
2012/7/28	六			增	增		
2012/8/14	二		主				
2012/8/30	四	主					
2012/8/31	五			主	主		
2012/9/5	三	增					
2012/9/7	五		增	增	增		
2012/9/11	二		增				
2012/9/14	五	增		增	增		
2012/9/17	一		增				
2012/9/19	三	增					
2012/9/21	五			增	增		
2012/9/26	三	增					
2012/9/27	四		增				
2012/9/30	日			增	增		
2012/10/6	六		連	連	連		
2012/10/7	日		連	連	連		
2012/10/8	一		連	連	連		
2012/10/9	二		連	連	連		
2012/10/13	六	連					
2012/10/14	日	連					
2012/10/15	一	連					
2012/10/16	二	連					
2012/11/6*	二		補*				
調查次數		30	30	31	30	9	9

主：主調查(月調查)；增：增設調查(週調查)；連：連續調查；補：補充調查。

\* 2012/11/6 大雪山林道的調查資料不列入報告中分析討論，亦不納入調查次數統計

附錄四 林道道路致死動物調查  
結果與名錄



附錄四 林道道路致死動物調查結果與名錄

各林道道路致死鳥類調查結果與名錄

科	中文名	學名	保育等級	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
鳩鴿科										
	珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>			2					2
鷓鴣科										
	領角鴉	<i>Otus lettia</i>	II		1					1
伯勞科										
	紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	III		1					1
燕科										
	家燕	<i>Hirundo rustica</i>			1					1
	東方毛腳燕	<i>Delichon dasypus</i>			1					1
樹鶯科										
	小鶯	<i>Cettia fortipes</i>			1					1
鶇科										
	白環鸚嘴鶇	<i>Spizixos semitorques</i>			1					1
鶇科										
	白尾鶇	<i>Cinclidium leucurum</i>	III		2					2
畫眉科										
	山紅頭	<i>Stachyridopsis ruficeps</i>			2					2
噪眉科										
	台灣畫眉	<i>Garrulax taewanus</i>	II		1					1

科	中文名	學名	保育等級	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
	台灣噪眉	<i>Garrulax morrisonianus</i>					1			1
	黃胸藪眉	<i>Liocichla steerii</i>			1					1
雀眉科										
	頭烏線	<i>Schoeniparus brunnea</i>			1					1
繡眼科										
	綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>			1					1
八哥科										
	白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>			1					1
麻雀科										
	麻雀	<i>Passer montanus</i>			3					3
梅花雀科										
	白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>			5					5
無法辨識										
		科數統計		0	14	1	2	0	0	14
		種類數統計		0	16	0	1	0	0	17
		數量統計		0	48	2	3	0	0	53

各林道道路致死哺乳類調查結果與名錄

科	中文種名	學名	保育類	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
鼠科										
	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus</i>			1					1
	條紋松鼠	<i>Tamiops maritimus</i>		1						1
鼠科										
	台灣高山田鼠	<i>Microtus kikuchii</i>			1					1
	刺鼠	<i>Niviventer coxingi</i>		3	10	1				14
	高山白腹鼠	<i>Niviventer culturatus</i>			1	1				2
	小黃腹鼠	<i>Rattus losea</i>			3					3
尖鼠科										
	台灣煙尖鼠	<i>Soriculus fumidus</i>					1			1
	細尾長尾鼩	<i>Soriculus sodalis</i>					1			1
	台灣長尾麝鼩	<i>Crocidura tadae kurodai</i>			1		1		1	3
	臭鼩	<i>Suncus murinus</i>		2	1	1				4
鼯鼠科										
	鼯鼠	<i>Mogera sp.</i>			2					2
蝙蝠科										
	姬管鼻蝠	<i>Murina gracilis</i>			1					1
	台灣彩蝠	<i>Kerivoula sp.</i>					1			1
無法辨識										
		科數統計		1	6	4	1	4		16
		種類數統計		3	5	2	2	0	1	5
		數量統計		3	9	6	4	0	1	13
				7	27	7	5	4	1	51

各林道道路致死兩棲類調查結果與名錄

科	中文種名	學名	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
蟾蜍科									
	盤古蟾蜍	<i>Bufo bankorensis</i>	21	144	103	37	26	1	332
	黑眶蟾蜍	<i>Duttaphrynus melanostictus</i>		15					15
叉舌蛙科									
	澤蛙	<i>Fejervarya limnocharis</i>		2					2
赤蛙科									
	貢德氏赤蛙	<i>Hylarana guentheri</i>		1					1
	拉都希氏赤蛙	<i>Hylarana latouchii</i>	13	16	1				30
	梭德氏赤蛙	<i>Rana sauteri</i>	67	767	5		1		840
	斯文豪氏赤蛙	<i>Odorrana swinhoana</i>	27	19	10		1		57
樹蛙科									
	日本樹蛙	<i>Buergeria japonica</i>			1				1
	褐樹蛙	<i>Buergeria robusta</i>	82	6	7				95
	白領樹蛙	<i>Polypedates megacephalus</i>		13	1		1		15
	莫氏樹蛙	<i>Rhacophorus moltrechti</i>		16	19	2	2		39
無法辨識									
	科數統計		107	210	56	2	23		398
	種類數統計		3	4	3	2	3	1	4
	數量統計		5	10	8	2	5	1	11
	數量統計		317	1209	203	41	54	1	1825

各林道道路致死爬蟲類調查結果與名錄

科	中文種名	學名	保育類	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
飛蜥科										
	短肢攀蜥	<i>Japalura brevipes</i>	III		11			5	3	19
	呂氏攀蜥	<i>Japalura luei</i>	II				1			1
	黃口攀蜥	<i>Japalura polygonata xanthostoma</i>		6	13	13		14		46
	斯文豪氏攀蜥	<i>Japalura swinhonis</i>			29					29
壁虎科										
	鉛山壁虎	<i>Gekko hokouensis</i>			1					1
正蜥科										
	古氏草蜥	<i>Takydromus kuehnei kuehnei</i>			3			1		4
	蓬萊草蜥	<i>Takydromus stejnegeri</i>				1				1
	翠斑草蜥	<i>Takydromus viridipunctatus</i>				1				1
石龍子科										
	中國石龍子	<i>Plestiodon chinensis formosensis</i>		1	3					4
	麗紋石龍子	<i>Plestiodon elegans</i>		8	10	5	2			25
	印度蜓蜥	<i>Sphenomorphus indicus</i>		12	52	20		5		89
	台灣蜓蜥	<i>Sphenomorphus taiwanensis</i>			1		1			2
蛇蜥科										
	哈特氏蛇蜥	<i>Ophisaurus harti</i>	II		1			1		2
黃頰蛇科										
	台灣標蛇	<i>Achalinus formosanus formosanus</i>						2		2
	標蛇	<i>Achalinus niger</i>			17			1	2	20

科	中文種名	學名	保育類	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
	梭德氏游蛇	<i>Amphiesma sauteri</i>		1		3				4
	花浪蛇	<i>Amphiesma stolatum</i>			3					3
	大頭蛇	<i>Boiga kraepelini</i>		1		4	1			6
	鐵線蛇	<i>Calamaria pavementata pavementata</i>		1						1
	青蛇	<i>Cyclophiops major</i>		22	7	6		1		36
	紅斑蛇	<i>Dinodon rufozonatum rufozonatum</i>		1	8	2				11
	臭青公	<i>Elaphe carinata</i>			2					2
	高砂蛇	<i>Euprepiophis mandarinus</i>	III		3	1	3			7
	白梅花蛇	<i>Lycodon ruhstrati ruhstrati</i>		1	12	4				17
	擬龜殼花	<i>Macropisthodon rudis rudis</i>		1	2	1				4
	赤背松柏根	<i>Oligodon formosanus</i>			4					4
	赤腹松柏根	<i>Oligodon ornatus</i>			2					2
	紅竹蛇	<i>Oreocryptophis porphyracea nigrofasciata</i>			5	1				6
	黑眉錦蛇	<i>Orthriophis taeniura friesi</i>	III		2					2
	斯文豪氏游蛇	<i>Phabdophis swinhonis</i>	III	1	6					7
	史丹吉氏斜鱗蛇	<i>Pseudoxendon stejnegeri</i>			17	2			1	20
	細紋南蛇	<i>Ptyas korros</i>			1					1
	南蛇	<i>Ptyas mucosus</i>				1				1
	台灣赤煉蛇	<i>Rhabdophis tigrinus formosanus</i>			5		1	1		7
	黑頭蛇	<i>Sibynophis chinensis chinensis</i>			3					3
	白腹游蛇	<i>Simonatrix percarinata suriki</i>		1						1
	過山刀	<i>Zaocys dhumnades oshimai</i>		2	1	3				6
鈍頭蛇科										
	台灣鈍頭蛇	<i>Pareas formosensis</i>		1	24	4		2		31

科	中文種名	學名	保育類	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	合計
眼鏡蛇科										
	雨傘節	<i>Bungarus multicinctus multicinctus</i>	III		1	1				2
	眼鏡蛇	<i>Naja atra</i>	III		1					1
	羽鳥氏帶紋赤蛇	<i>Sinomicrurus hatori</i>	II		6	6	2			14
	環紋赤蛇	<i>Sinomicrurus macclellandi swinhoei</i>	III		2					2
	梭德氏帶紋赤蛇	<i>Sinomicrurus sauteri</i>	II		1					1
蝮蛇科										
	阿里山龜殼花	<i>Ovophis monticola makazayazaya</i>	II		1		1			2
	龜殼花	<i>Protobothrops mucrosquamatus</i>	III	1	7	1				9
	菊池氏龜殼花	<i>Trimeresurus gracilis</i>	III		3	1	3			7
	赤尾青竹絲	<i>Viridovipera stejnegeri stejnegeri</i>		1	11	10		4		26
無法辨識										
		科數統計		7	75	6		10		98
		種類數統計		5	9	7	4	8	2	9
		數量統計		17	38	22	11	10	2	46
				69	356	97	18	46	4	590



## 附錄五 道路致死動物幼體紀錄



附錄五 道路致死動物幼體紀錄

<p>101.10.8 大雪山林道 史丹吉氏斜鱗蛇</p>	<p>101.10.8 大雪山林道 台灣鈍頭蛇</p>
<p>101.10.8 大雪山林道 白梅花蛇</p>	<p>101.4.15 宜專一線 羽鳥氏帶紋赤蛇</p>
<p>101.9.17 大雪山林道 赤尾青竹絲</p>	<p>101.9.11 大雪山林道 梭德氏帶紋赤蛇</p>



101.8.31 宜專一線 南蛇



101.6.8 大雪山林道 赤腹松柏根



101.9.27 大雪山林道 紅竹蛇



101.10.9 大雪山林道 紅斑蛇



101.9.17 大雪山林道 臭青公



101.5.25 宜專一線 高砂蛇



101.4.14 宜專一線 大頭蛇



101.6.24 桶后林道 斯文豪氏游蛇



101.4.14 宜專一線 菊池氏龜殼花



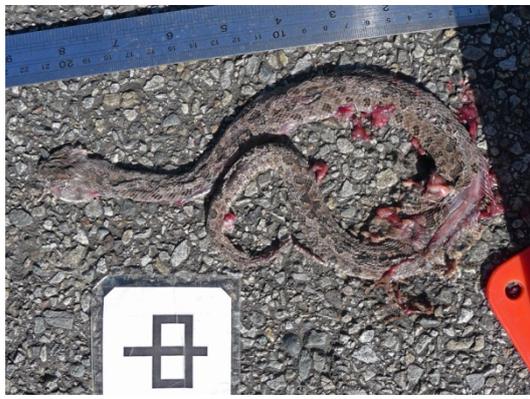
101.3.16 大雪山林道 黑眉錦蛇



101.6.8 大雪山林道 過山刀



101.3.16 樂山林道 標蛇



101.6.8 大雪山林道 龜殼花



101.8.14 大雪山林道 黃口攀蜥



101.4.12 大雪山林道 印度蜓蜥



101.5.14 大雪山林道 麗紋石龍子



101.5.14 宜專一線 盤古蟾蜍



101.8.14 大雪山林道 東方毛腳燕



101.6.7 大雪山林道 黃胸薮眉



101.6.26 翠峰林道 台灣噪眉

## 附錄六 道路致死動物抱卵母體紀錄



附錄六 道路致死動物抱卵母體紀錄



101.6.8 大雪山林道 台灣鈍頭蛇



101.6.7 大雪山林道 標蛇



101.7.27 宜專一線 黃口攀蜥



101.6.9 大雪山林道 黃口攀蜥



101.6.8 大雪山林道 短肢攀蜥



101.6.27 大雪山林道 短肢攀蜥



101.5.25 翠峰林道 呂氏攀蜥



100.11.28 桶后林道 梭德氏赤蛙



## 附錄七 林道目標物種活體及排遺紀錄



附錄七 林道目標物種活體及排遺紀錄

	
101.9.26 大雪山林道 黑長尾雉	101.5.1 大雪山林道 藍腹鵝
	
100.12.23 大雪山林道 藍腹鵝	101.7.11 宜專一線 山羌
	
100.9.26 大雪山林道 大赤鼯鼠	101.9.26 大雪山林道 白面鼯鼠



101.6.7 大雪山林道 條紋松鼠



101.5.7 大雪山林道 長吻松鼠



101.9.26 大雪山林道 台灣獼猴



101.7.11 宜專一線 白梅花蛇



101.7.11 宜專一線 紅斑蛇



101.9.26 大雪山林道 台灣鈍頭蛇



101.3.16 大雪山林道 史丹吉氏斜鱗蛇



101.9.26 大雪山林道 菊池氏龜殼花



101.9.26 大雪山林道 赤尾青竹絲



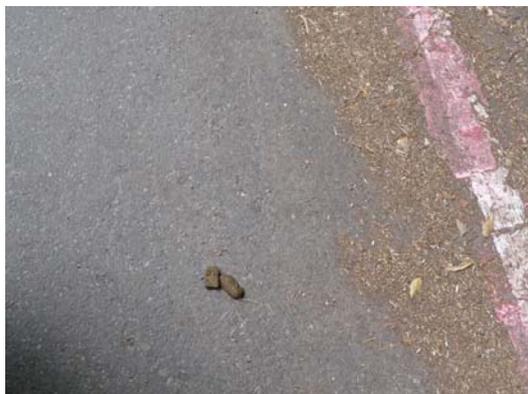
101.6.7 大雪山林道 斯文豪氏攀蜥



101.6.8 大雪山林道 黃口攀蜥



101.3.16 桶后林道 印度蜓蜥 幼體



101.10.8 大雪山林道 台灣獼猴 排遺



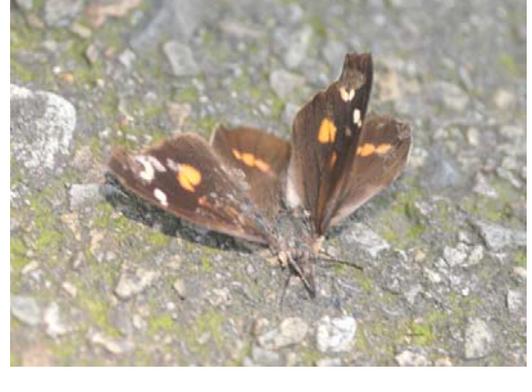
101.10.9 大雪山林道 白面鼯鼠 排遺



## 附錄八 非目標物種道路致死紀錄



附錄八 非目標物種道路致死紀錄

	
<p>101.5.22 大雪山林道 大鳳蝶</p>	<p>101.07.11 大雪山林道 穹翠鳳蝶</p>
	
<p>101.05.22 大雪山林道 小紋青斑蝶</p>	<p>101.06.08 大雪山林道 大紅蛺蝶</p>
	
<p>101.10.07 大雪山林道 大幽眼蝶</p>	<p>101.09.17 大雪山林道 東方喙蝶</p>



101.10.08 大雪山林道 芋麻珍蝶



101.04.14 大雪山林道 朱黛晏蜓



101.10.09 大雪山林道 薄翅蜻蜓



101.4.14 大雪山林道 霧社血斑天牛



101.9.17 大雪山林道 台灣扁鍬形蟲



101.09.11 大雪山林道 鬼豔鍬形蟲？



101.10.09 大雪山林道 紅圓翅鍬形蟲



101.6.27 大雪山林道 獨角仙



101.5.22 大雪山林道 大黑豔蟲？



101.10.08 大雪山林道 鞘翅目



101.10.7 大雪山林道 台灣扁角金龜？



101.7.18 大雪山林道 黑褐硬蠟



100.11.28 桶后林道 熊蜂？



101.10.09 大雪山林道 高砂熊蟬



101.10.08 大雪山林道 蜈蚣



101.10.9 大雪山林道 拉氏清溪蟹



101.8.14 大雪山林道 澤蟹？



101.9.17 大雪山林道 非洲大蝸牛



101.10.8 大雪山林道 蚯蚓

附錄九 民眾參與蒐集大雪山林道動物  
路死資料蒐集一簡介及調查表格

# 邀請您參加大雪山林道道路致死調查工作

## ※ 道路致死是什麼??

- 道路致死就是指野生動物發生車禍的情形，也叫做路死、路殺或 Roadkill。
- 根據統計，道路致死已經是人類直接造成陸域脊椎動物死亡的各種原因中的**第一名**了，而且還一直隨著道路興建和車輛增加而持續提高喔。
- 最常被撞死的動物是常見的小動物，而對一些**稀有種、保育類、大型動物、正準備繁殖或遷徙**的動物來說，道路致死就可能有很大的影響。另外撞到野生動物也可能會造成人類安全和財產的損失。
- 陽明山國家公園、綠島還有高速公路都曾經或正在進行道路致死調查研究，高公局的研究就發現每年將近有一萬隻的動物在高速公路上被撞死，包括保育類的白鼻心等動物，因此高公局在國道3號白鼻心撞死密度最高的民雄路段設置了**導引防護網和動物通道**，現在該路段已經沒有白鼻心被撞死的情形了，而且自動監視相機發現每天都有幾隻白鼻心會利用動物通道來穿越高速公路。

## ※ 大雪山林道的道路致死問題

- 50公里長的大雪山林道從平地延伸到高海拔，森林完整且生物相豐富，是知名的遊憩景點，森林遊樂區單月造訪人數最高可達**2萬5千人次**，車輛超過**6000輛次**。因此唯有努力減輕人類活動對野生動物棲地和族群的干擾，才能長久保有美好的自然環境！
- 林務局委託觀察家生態顧問公司開始進行大雪山林道的調查，今年1月至7月約20次的調查已經記錄到**超過五百隻**道路致死動物，約2/3是在林班地外的路段。
- 發現的種類中一半是**蛇和蜥蜴**，包含**11種保育類動物**，青蛙和蟾蜍佔4成，其他則是鳥和哺乳類。



## ※ 大家一起來幫助野生動物

- 在山上開車時請注意穿越道路的動物，行經彎道時請**減速慢行**，保障自身安全也保護野生動物。
- **填寫表格**協助記錄路死動物，藉由資料的累積才能發現需要改善的熱點和找出解決方式。

.....可沿線撕下交回.....

謝謝您的參與，個人資料不會對外公開，只作為研究用途。

(1) 姓名\_\_\_\_\_；電話\_\_\_\_\_；email\_\_\_\_\_

(2) 身分：遊客\_\_\_\_\_ (縣市) / 大雪山社區居民 / 林務局員工或志工 / 其他\_\_\_\_\_

### 【大雪山林道路死動物登記表】

日期	里程	請圈選路死動物類別	備註(動物描述、有無照片)
		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	

欄位不足請翻至背面繼續填寫



## 邀請您參加桶后林道動物道路致死調查工作

### ※ 道路致死是什麼??

- 道路致死就是指野生動物發生車禍的情形，也叫做路死、路殺或 Roadkill。
- 根據統計，道路致死已經是人類直接造成陸域脊椎動物死亡的各種原因中的第一名了，而且還一直隨著道路興建和車輛增加而持續提高喔。
- 最常被撞死的動物是常見的小動物，而對一些稀有種、保育類、大型動物、正準備繁殖或遷徙的動物來說，道路致死就可能有很大的影響。另外撞到野生動物也可能會造成人類安全和財產的損失。
- 陽明山國家公園、綠島還有高速公路都曾經或正在進行道路致死調查研究，高公局的研究就發現每年將近有一萬隻的動物在高速公路上被撞死，包括保育類的白鼻心等動物，因此高公局在國道3號白鼻心撞死密度最高的民雄路段設置了導引防護網和動物通道，現在該路段已經沒有白鼻心被撞死的情形了，而且自動監視相機發現每天都有幾隻白鼻心會利用動物通道來穿越高速公路。

### ※ 桶后林道的動物道路致死問題

- 14公里長的桶后林道位於桶后溪左岸，連接桶后越嶺步道，是知名景點，流水水質清澈，兩岸森林濃鬱，生物相豐富。
- 林務局委託觀察家生態顧問公司開始進行桶后林道的道路致死調查，去年11月至今年7月約20次的調查已經記錄到超過三百五十隻道路致死動物。
- 發現的種類中，83%是青蛙和蟾蜍，蛇和蜥蜴佔16%，包含2種保育類動物，其他則是哺乳類。蛙類於繁殖季時從南側樹林穿越林道遷移至北側溪流時易遭來往車輛輾斃。



### ※ 大家一起來幫助野生動物

- 在林道開車時請注意穿越道路的動物，行經彎道時請減速慢行，保障自身安全也保護野生動物。
- 填寫表格協助記錄路死動物，藉由資料的累積才能發現需要改善的熱點和找出解決方式。

.....可沿線撕下交回.....

謝謝您的參與，個人資料不會對外公開，只作為研究用途。

(3) 姓名\_\_\_\_\_；電話\_\_\_\_\_；email\_\_\_\_\_

(4) 身分：遊客\_\_\_\_\_ (縣市) / 居民 / 林務局員工或志工 / 其他\_\_\_\_\_

#### 【桶后林道—道路致死動物登記表】

日期	里程	請圈選路死動物類別	備註(動物描述、有無照片)
		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	

欄位不足請翻至背面繼續填寫



# 邀請您參加太平山林道動物道路致死調查工作

## ※ 道路致死是什麼??

- 道路致死就是指野生動物發生車禍的情形，也叫做路死、路殺或 Roadkill。
- 根據統計，道路致死已經是人類直接造成陸域脊椎動物死亡的各種原因中的第一名了，而且還一直隨著道路興建和車輛增加而持續提高喔。
- 最常被撞死的動物是常見的小動物，而對一些稀有種、保育類、大型動物、正準備繁殖或遷徙的動物來說，道路致死就可能有很大的影響。另外撞到野生動物也可能會造成人類安全和財產的損失。
- 陽明山國家公園、綠島還有高速公路都曾經或正在進行道路致死調查研究，高公局的研究就發現每年將近有一萬隻的動物在高速公路上被撞死，包括保育類的白鼻心等動物，因此高公局在國道3號白鼻心撞死密度最高的民雄路段設置了導引防護網和動物通道，現在該路段已經沒有白鼻心被撞死的情形了，而且自動監視相機發現每天都有幾隻白鼻心會利用動物通道來穿越高速公路。

## ※ 太平山的動物道路致死問題

- 24.5 公里長的宜專一線加上 16.5 公里的翠峰景觀道路，從平地延伸到近 2000 公尺，森林完整且生物相豐富，是知名的遊憩景點，森林遊樂區每年造訪人數最高可達 **31 萬 2 千人**，車輛超過 **6 萬 4 千輛次**。因此唯有努力減輕人類活動對野生動物棲地和族群的干擾，才能長久保有美好的自然環境！
- 林務局委託觀察家生態顧問公司開始進行宜專一線及翠峰景觀道路的道路致死調查，今年 1 月至 7 月約 20 次的調查已經記錄到超過三百隻道路致死動物，約 85 %在宜專一線，15%在翠峰景觀道路。
- 發現的種類中 22%是蛇和蜥蜴，包含 7 種保育類動物，青蛙和蟾蜍佔 74%，其他則是鳥和哺乳類。



## ※ 大家一起來幫助野生動物

- 在山上開車時請注意穿越道路的動物，行經彎道時請減速慢行，保障自身安全也保護野生動物。
- 填寫表格協助記錄路死動物，藉由資料的累積才能發現需要改善的熱點和找出解決方式。

.....可沿線撕下交回.....

謝謝您的參與，個人資料不會對外公開，只作為研究用途。

(5) 姓名\_\_\_\_\_；電話\_\_\_\_\_；email\_\_\_\_\_

(6) 身分：遊客\_\_\_\_\_(縣市) / 林務局員工或志工 / 其他\_\_\_\_\_

### 【太平山林道—道路致死動物登記表】

日期	林道	里程	請圈選路死動物類別	備註(動物描述、有無照片)
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	

欄位不足請翻至背面繼續填寫

【林道里程對應簡圖】



林道里程碑

【調查方法】

在林道發現路上有動物屍體時，請填寫下方記錄表。步驟如下：(1)填寫日期及時間 (2)圈選林道及填寫里程 (3)圈選動物屍體類別，或寫出物種 (4)簡短描述屍體狀況或拍照。林道里程可對照鄰近的里程碑，或參照上方「林道里程對應簡圖」推估約略里程。

填寫好的調查資料請於下山前交回\_\_\_\_\_或將資料 email 或傳真給觀察家生態顧問公司，拍攝的照片也請 email 給我們，我們會進行鑑定和建檔並將結果回覆給您。

觀察家生態顧問有限公司 台北辦公室 地址：10088 台北市中正區晉江街 129 號 4 樓  
 電話：02-2364-8581 傳真：02-2368-0806 聯絡人：鍾昆典先生 Email：mantaray.qd@gmail.com

在山上活動一定要注意安全，尋找、發現和記錄動物屍體時要先確認自己所在位置是否有安全顧慮，包括雙向來車和落石等。開車者不可突然煞車，需停車應尋找安全且不會妨礙交通的地點。

.....可沿線撕下交回.....

【太平山林道—道路致死動物登記表】

日期	林道	里程	請圈選路死動物類別	備註(動物描述、有無照片)
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	
	宜專一 / 翠峰		老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他	



## 附錄十 道路致死記錄表格範例



## 附錄十 道路致死記錄表格範例

### 1. 一般民眾和遊客可使用之簡易記錄表欄位範例

說明：鑑於一般遊客可能不易辨識路死動物種類，因此僅要求圈選動物類群，設計最常見的路死動物類群提供填表人圈選，若為其他類群則可於備註欄位說明，亦可直接填寫物種名稱，或針對動物外觀大小特徵等進行描述，可提供後續進行物種判斷時參考。備註欄位亦可描述發現的地點或附近地標，可進一步確認路死發生地點。

(1) 姓名 _____；電話 _____；email _____	
(2) 身分： <input type="checkbox"/> 遊客 _____(縣市) / <input type="checkbox"/> 大雪山社區居民 / <input type="checkbox"/> 林務局員工或志工 / <input type="checkbox"/> 其他 _____	
日期	路死動物類別圈選 備註(地點描述、動物描述)
林道	里程
	老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他
	老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他
	老鼠 / 鳥類 / 蜥蜴 / 蛇 / 青蛙或蟾蜍 / 其他

## 2. 完整道路致死記錄表或資料庫建議欄位與填寫範例

說明：完整記錄表或資料庫可包含下列欄位，其中上方標示「重要」者為必要欄位，應盡量填寫完整，「物種」若無法現場鑑定，則應採拍照或採集等方式保存資料供後續鑑定，若無法拍照或採集，則應於物種描述欄位詳細記錄該動物外觀、顏色、體型大小和特徵等資訊；若無 GPS 等設備可供現場記錄座標，則應詳細記錄里程、附近電線桿上的電力座標或附近地標，亦可在調查結束後另行利用 Google Earth 街景圖等軟體輔助查詢座標，提供座標應說明採用之大地基準和座標格式。上方標示為「建議」者為次要欄位，可提供後續分析所需資料，「拍照」可提供物種和環境資訊，欄位中應註明有無拍照以及照片處理方式；「採集」可保留標本證據，欄位中應說明有無採集以及屍體後續處理方式和保存地點。

重要建議欄位與填寫範例

重要建議		重要建議		重要建議		重要建議		重要建議		重要建議									
日期	時間	天氣	林道	里程	座標	類群	物種	物種描述	保育類	成幼	性別	陳屍路面位置	道路結構	兩側棲地	發現者	拍照	採集	備註	
101.1 1.7	1030	陰雨	大雪山	11.7	239268 2679696	爬行類	環紋赤蛇		二級	幼體		中	一側山壁， 一側連續護欄	兩側均為森林	王小明	有	寄送	特生	

附錄十一 國內外相關減輕措施案例  
照片示意圖



附錄十一 國內外相關減輕措施案例照片示意圖



國道3號中型哺乳動物防護網導引阻隔設計



國道3號中型哺乳動物防護網導引阻隔設計



劉威廷拍攝

綠島蟹類路緣石導引阻隔設計



劉威廷拍攝

綠島蟹類路緣石導引阻隔設計



劉威廷拍攝

日本西表島排水溝導引阻隔設計



綠島格柵式蟹類通道



綠島格柵式蟹類通道出入口



綠島格柵式蟹類通道內部



綠島管涵式蟹類通道



綠島管涵式蟹類通道



綠島管涵式蟹類通道內部



國道3號中型哺乳動物通道

劉威廷拍攝



劉威廷拍攝

日本西表島動物通道



劉威廷拍攝

日本西表島動物通道



劉威廷拍攝

日本西表島減速警告標線



劉威廷拍攝

日本西表島減速警告標線



劉威廷拍攝

日本西表島排水溝逃生設計-附斜坡側溝



劉威廷拍攝

日本西表島排水溝逃生設計-間隔設置雙斜坡側溝



劉威廷拍攝

日本西表島排水溝逃生設計-單側斜坡側溝



劉威廷拍攝

日本西表島排水溝逃生設計-飛簷式單側斜坡側溝



劉威廷拍攝

日本西表島排水溝逃生設計-側溝逃生坡粗糙面



苗栗 128 縣道注意石虎告示牌



大雪山林道當心鳥類告示牌



墾丁注意陸蟹告示牌



綠島注意小動物告示牌



日本西表島注意西表山貓告示牌



劉威廷拍攝

日本西表島注意大冠鷲告示牌



日本西表島注意西表山貓告示牌



劉威廷拍攝

日本西表島注意西表山貓路面標示



## 附錄十二 各縣市動物救傷單位資料



## 附錄十二 各縣市動物救傷單位資料

縣市	單位名稱	電話	地址	備註
基隆市	產業發展處農林行政科	02-2425-8389 轉 152~164	基隆市中正區信二路 301 號 3 樓	
	基隆市野鳥學會	02-24274100	基隆市孝一路 82 號之 2	
臺北市	臺北市動物保護處	02-87897158	臺北市信義區吳興街 600 巷 109 號	
	臺北市動物衛生檢驗所	02-87897158	臺北市吳興街 600 巷 109 號	
	臺北市立木柵動物園	02-2938-2300 轉 701	臺北市文山區新光路二段 30 號 1 樓	只收兩棲類、爬蟲類
	臺北市野鳥學會	02-23259190	臺北市復興南路二段 160 巷 3 號 1 樓	
	全陽犬貓動物醫院	林逸莒醫師	臺北市松山區八德路四段 305 號	臺北市野鳥學會協助醫師
	凡塞爾賽鷓鴣寵物鳥醫院	李照陽醫師	臺北市大同區民族西路 53 號	臺北市野鳥學會協助醫師
	西湖動物醫院	賀淑玲醫師	新北市新莊區福營路 242 號	臺北市野鳥學會協助醫師
	天母家畜醫院	郭詩淵醫師	臺北市內湖區內湖路一段 341-2 號	臺北市野鳥學會協助醫師
新北市	農業局林務科	02-2960-3456 轉 3099~3113	新北市板橋區中山路 1 段 161 號 22 樓	
	崇恩寵物醫院	顏慶芳醫師	新北市用核區永利路 95 號	臺北市野鳥學會協助醫師
桃園縣	農業發展處植物保護科	03-3322101 轉 5450	桃園市縣府路一號	
桃園市	桃園縣野鳥學會		桃園市上海路 19 巷 17 號 1 樓	
	高生動物醫院	曾宏之院長	桃園市中山路 419 號	桃園縣野鳥學會協助醫師
新竹縣	農業處森林暨自然保育科	03-5518101 轉 2920~2929	新竹縣竹北市光明六路 10 號	
新竹市	產業發展處生態保育科	03-5216121 轉 480、530、531	產業發展處生態保育科	
	新竹市野鳥學會		新竹市光復路 2 段 246 號 4 樓之 1	

縣市	單位名稱	電話	地址	備註
	林鈺章醫師		新竹市南大路 48 號	新竹市野鳥學會協助醫師、不收寵物鳥
苗栗縣	農業局林務課	037-355446	苗栗市府前路 1 號	
	農業局林務自然保育科	04-2228-9111 轉 56200	臺中市豐原區陽明街 36 號	
	臺中市動物防疫所	04-2386-9245	臺中市南屯區萬和路一段 28 之 18 號	
臺中市	臺中野鳥救傷保育學會	0988-374150	臺中市太平區光興路 1086 號	
	臺灣省野鳥學會	04-22856957	臺中市建成路 1727 號 2 樓	
	高如柏醫師	0922-238405	臺中市南區國光路 250-1 號	臺灣省野鳥學會協助醫師
	農業處自然保育科	04-7222151 轉 0634、0635	彰化市中山路二段 416 號 6 樓	
彰化縣	彰化縣動物防疫所	07-7620774	彰化市中央路 2 號	
	彰化縣野鳥學會	04-72833006	彰化市大埔路 492 號 5 樓	
	生偉動物醫院	04-8335769	員林鎮中山路二段 131 巷 54 弄 24 號	彰化縣野鳥學會協助單位
南投縣	農業處林務保育科	049-2222106 轉 727	南投市中興路 660 號	
	特有生物研究保育中心野生動物急救站	049-2761331-309	南投縣集集鎮民生東路 1 號	
	農業處森林及保育科	05-5522470 轉 518	雲林縣斗六市雲林路二段 515 號	
雲林縣	雲林縣野鳥學會	05-5966970	斗南鎮信義路 242 巷 2 號 1 樓	
	嘉義市野鳥學會	05-2354704	嘉義市民生南路 437 巷 16 號	
嘉義市	詹成張醫師	05-2788067	嘉義市新生路 214 號	嘉義市野鳥學會協助醫師
	黃于哲醫師	05-2231500	嘉義市吳鳳北路 259 號	嘉義市野鳥學會協助醫師
	農業處綠化保育科	05-3620123 轉 335、336、394	嘉義縣太保市祥和一路東段一號	
嘉義縣	嘉義縣野鳥學會	05-3621839	朴子市祥和二路西段 9 號	

縣市	單位名稱	電話	地址	備註
嘉義市	建設處農林畜牧科	05-2254321 轉 234	嘉義市中山路 199 號	
臺南市	農業局森林及自然保育科	06-6321731	臺南市安平區永華路二段 6 號	
	臺南市家畜疾病防治所	06-6323039	新營市長榮路一段 501 號	
	臺南市野鳥學會	06-2138310	臺南市南門路 237 巷 10 號 3 樓	
	仁愛動物醫院	25-2788067	嘉義市新生物路 214 號	嘉義縣野鳥學會協助單位
	慈愛動物醫院	06-2203166	臺南市西門路一段 473 號	臺南市野鳥學會協助醫師
	慈愛動物醫院金華分院	06-2641220	臺南市金華路二段 39 巷 3 號	臺南市野鳥學會協助醫師
高雄市	高雄市政府農業局植物防疫及生態保育科	07-7995678 轉 1813~1815、1842~1849	高雄市鳳山區光復路二段 132 號	
	高雄市動物保護處	07-7462368	高雄市鳳山區忠義街 166 號	
	高雄市立壽山動物園	07-551-9059	高雄市鼓山區萬壽路 350 號	
	高雄市野鳥學會	07-2361086	高雄市林森一路 189 號 12 樓	
	陳福利醫師	07-2267559	高雄市民生一路 34 號	高雄市野鳥學會協助醫師、不收寵物鳥
	農業處林業及保育科	08-7320415 轉 3770~3779	屏東市自由路 527 號	
屏東縣	屏東縣家畜疾病防治所	08-7224427	屏東市民學路 58 巷 23 號	
	屏東大野生動物收容中心	08-774-0413	屏東縣內埔鄉老埤村學府路 1 號	
	屏東市野鳥學會	08-7351581	屏東市大連路 62-15 號	
屏東市	蕭恩沛醫師	08-7377545	屏東市大連路 62-15 號	屏東市野鳥學會協助醫師
	農業處畜產科	03-9251000 轉 1541、1542	宜蘭市凱旋里三鄰縣政北路一號	
宜蘭縣	宜蘭縣動植物防疫所野生動物急救站	(03)960-2350	宜蘭縣五結鄉成興村利寶路 60 號	

縣市	單位名稱	電話	地址	備註
宜蘭縣	國立宜蘭大學動物科技學系	039-357-400 轉 815	宜蘭市神農路一段一號	
	宜蘭縣野鳥學會	0912-905929	宜蘭縣員山鄉石頭厝路 200 號	
花蓮縣	魏昭文 醫師	03-9548581	羅東鎮愛國路 86 號	
	農業處保育與林政科	03-8227171 轉 514~516	花蓮市府前路 17 號	
	花蓮縣野鳥學會	03-8339434	花蓮市德安一街 94 巷 9 號	
	花蓮市動物防疫所	03-8227431	花蓮市瑞美路 5 號	
	花蓮縣動物防疫所	03-8227431	花蓮市瑞美路 5 號	
臺東縣	臺東縣政府農業處林保科	089-343611	臺東市中山路 276 號 3 樓	
	臺東縣動物防疫所	089-223720	臺東市中興路二段 733 號	
	臺東縣野鳥學會	089-345916	臺東市正氣路 192 號	
澎湖縣	澎湖縣政府農漁局 生態保育課	06-9262620-113	澎湖縣馬公市新營路 477 號	
金門縣	金門縣政府建設局 農林課	082-321254	金門縣金城鎮民生路 60 號	
	金門縣野鳥學會	0823-25036	金門縣金寧鄉湖下村 163 之 1 號	
	金門國家公園保育課 陳淑靈小姐	082-313173、假日 082-313178	金門現金寧鄉柏玉路 2 段 460 號	金門縣野鳥協會協助單位
連江縣	連江縣政府建設局	0836-2607824	馬祖南竿鄉清水村 110 號	
	馬祖野鳥學會	0836-26078	馬祖南竿鄉仁愛村 13 號	馬祖野鳥學會協助單位

參考資料

社團法人臺北市野鳥學會網頁 ([http://www.wbst.org.tw/index.php?option=com\\_content&task=view&id=55&Itemid=118](http://www.wbst.org.tw/index.php?option=com_content&task=view&id=55&Itemid=118))

行政院農委會特有生物研究保育中心-幫助傷病野生動物-救傷 Q&A ([http://www.testi.gov.tw/content/manager/help\\_4.htm](http://www.testi.gov.tw/content/manager/help_4.htm))

附錄十三 歷次工作坊與會議與會單位  
意見及辦理情形



「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第一次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(1/6)

開會時間：101年2月24日（星期五）下午01時30分

會議地點：行政院農委會林務局501會議室

專 顧 意 見	回 覆 說 明
一、臺灣大學李玲玲教授	
1. 請注意是否現在就有一些林道有較嚴重的 roadkill 問題，需要納入調查，優先解決既有問題。	遵照辦理，即蒐集過去林道相關調查研究文獻、民間觀察紀錄與本計畫先前勘查結果。後續亦將請教各林管管理處或工作站人員是否有既有課題。
2. Roadkill 的因素包括車流量、速度、彎道、棲地、族群量、道路物理條件等，一條道路不同路段的因子條件不同，需納入分析的考量。	遵照辦理，已蒐集包含車流量、林道周圍植被圖層等因子，後續亦將進行林道周圍道路結構調查蒐集相關因子，並配合道路致死點位進行分析。而關於熱點周圍較為詳細之現況瞭解與目標物種族群調查，將於第二年計畫時進行評估如何進行，並納入改善措施設計作業中。
3. Roadkill 的物種與數量應去設定一個閾值以回饋工程改善使用。	感謝指導，將蒐集道路致死改善措施設置評估流程之文獻，並於本計畫中試行道路致死熱點之分析方式，提出適用於國內林道之評估流程，供主管機關決定是否執行工程改善之用。
4. 請林務局裡先詢問各林管處過去與現在是否有道路致死相關的問題，可以直接納入調查。	遵照辦理，即於近日辦理第二次工作坊，邀請各林管處參並請教是否有已知之道路致死課題或熱點存在，作為調查目標選擇依據。
5. 針對林道致死物種於林道周邊的族群量估算是相當困難的，但可以針對熱點與非熱點處，以隨機或選擇棲地同質性高的區域作族群的取樣來做一個相對性的比較。	感謝指導，將納入第二年計畫內，作為目標物種在林道上的族群量估算方式之參考。
二、金門大學林世強教授	
1. 建議現地調查時應著反光背心，戴安全帽，以維護調查人員安全。	遵照辦理，即會配戴相關安全措施。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第一次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(2/6)

<p>2. 車流量與棲地是影響 roadkill 數量之重要因子，可納入此二因子於道路篩選中。</p>	<p>遵照辦理，已向林務局申請取得目標林道既有之遊樂區遊客統計資訊，並套疊林道周圍土地利用圖層資訊，作為調查林道篩選考量因子。</p>
<p>3. 熱點之決定可以更科學化之方式計算。</p>	<p>遵照辦理。關於道路致死熱點計算將參考國外相關案例所運用之統計分析模式進行決定。</p>
<p>4. 地區中部分生物未發生道路致死之物種可能更重要，是否因道路已形成阻隔效應，因此而對棲地造成破碎化，可再深入探討。</p>	<p>感謝指導。目前本計畫主要目標為針對道路致死情形進行瞭解與改善措施設置，對於會遠離道路而遭到阻隔與棲地破碎化之物種，較不易獲得直接資訊。本計畫中仍將注意是否有相關資訊可蒐集，並納入後續建議部分。</p>
<p>5. 可以將 roadkill 物種依類群分別分析其熱點。</p>	<p>遵照辦理，分析道路致死熱點時，即會根據物種類群、生態習性進行區隔以分析熱點，避免不同因子造成混淆而使結果難以判讀分析。</p>
<p>6. 道路縱向坡之坡度可能也是造成道路致死之因素，可納入考量。在以往調查發現下坡處的 roadkill 數量較多，可能是坡度造成駕駛者看不到道路狀況，這也許值得納入考量。</p>	<p>敬謝指教。關於道路型式、結構因子與周圍棲地環境，將於後續安排調查作業進行以蒐集相關資料，並與道路致死發生點位進行相關性分析，探討可能影響原因，並規劃作為第二年的分析方向參考。</p>
<p>7. 兩年研究調查後，可考慮探討是否應延長研究或擴大調查，以求得完整性。</p>	<p>遵照辦理。本計畫定位即為道路致死調查計畫之起始，兩年調查研究後即會根據執行情形與經驗，提出後續延長研究與擴大調查之方向與建議執行方式。</p>
<p>8. 車流量的估算利用遊樂區資料可能會有誤差，針對車流量的估算可能要有更精準的方法。</p>	<p>敬謝指教。目前可獲得之林道車流量資料以遊樂區為主。後續將根據本計畫第一年道路致死調查結果評估更精準車流量資料的取得或估算方式。</p>
<p>9. 許多道路致死調查中鳥類的數量很多，但目前本計畫調查中鳥類的數量很少，國外對鳥類衝擊的主因是噪音的影響，但不確定是否有其他因子影響。</p>	<p>感謝指導。本案執行時將持續注意調查中所遇到之鳥類道路致死或相關課題。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第一次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(3/6)

10. 林務局方面可否提供更多調查資料。	遵照辦理，將鑑請各林管處協助相關資料之提供。
三、特有生物保育研究中心林德恩研究員	
1. 長度<5km 路段未列入考量，此因子是否有資料支持實際 roadkill data 以資佐證。	敬謝指教，選擇長度大於 5 公里路段主要是做為調查林道優先順序篩選條件之一，目前並無類似案例，但要從諸多林道中篩選出可能有道路致死課題的林道，以及需要獲得足夠資料進行分析，長度應為必要的篩選因子。
2. 每季 1 次(4 天)含假日與非假日只有 3 次太少，建議適度增加為 6 次。	敬悉。本案主要目標為蒐集道路致死較為集中之敏感路段並研擬改善程序，關於假日與非假日之調查作業為初步課題蒐集。將根據調查結果評估，是否配合改善措施提出進一步之建議。
3. Roadkill 調查中“未知”種>50% 有何方式改善，否則會不容易選出真正受影響的目標物種。	感謝指導。兩棲類動物屍體於自然環境下經多次碾壓常不易保持在可辨識狀態，該未知種類主要為兩棲類，於梭德氏赤蛙繁殖期時出現，判斷有很高的比例應為梭德氏赤蛙。後續將調整資料呈現方式並補充相關資訊，以完整提供訊息並研判受影響之目標物種。
4. 桶后林道可增加測量“河流與道路距離”。	遵照辦理，後續即會以地理資訊系統方式，將此因子納入分析評估中。
5. Hot spot 的地方，目標物種確認後，建議估算族群量，加強評估其影響力。	感謝指導，在第二年調查作業執行時即會評估納入目標物種相對族群量或豐度估算之方法。
6. 調查“時間”應說明清楚，以固定努力量。	遵照辦理。本計畫調查進行時即固定為白日上午開始進行，並以慢速騎承機車方式沿路記錄道路致死情形，以固定單位努力量。
7. 本計畫結束後是否預計繼續進行監測？	本計畫於計畫成果報告中將提出後續建議執行之項目，會將持續監測納入建議執行項目中。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第一次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(4/6)

8. 與解說教育或社區團體結合，對日後的改善與維護管理會有很大的助益，也可避免有人到改善措施(如通道)等處捕捉動物。	感謝指教，即會將與解說教育或社區團體結合、民眾宣導教育等層面納入後續建議中。
9. 有志工觀察到猛禽會撿 roadkill 的動物屍體來吃。	感謝指教，本計畫進行時即會注意並記錄是否有猛禽撿拾道路上動物屍體或是猛禽遭車輛撞擊之問題。
10. 目前的志工調查發現大鹿林道與大雪山林道有不少的 roadkill data。	感謝指教，後續即會針對大鹿林道與大雪山林道進行第一階段道路致死調查。
四、臺北市立動物園陳賜隆研究員(書面資料)	
1. 簡報資料完整。兩生類、兩棲類和爬蟲類、爬行類應統一用法。	遵照辦理，即統一為兩棲類和爬蟲類。
2. 國內有綠島和陽明山的道路致死案例可以參考。	遵照辦理，即納入案例蒐集中，並參考相關分析方法、改善對策與後續監測作業執行之運用。
3. 林道篩選方式和結果合理且符合預期，調查方法和頻率應可滿足計畫需求。	敬謝指教。
4. 林道上動物屍體最好有正面、腹面和局部特徵放大照片以供鑑定。	遵照辦理，即於現場調查時進行照片記錄。若有必要則將遺體攜回請專家協助鑑定作業進行。
5. 五公里以下但有嚴重動物路死問題的林道應列入討論。	遵照辦理，經檢討後，即將樂山林道納入第一階段調查作業中，進行道路致死調查。
五、保育組張弘毅科長	
1. 若實務上 roadkill 的數量很少，在談改善措施上將會失去意義。像是內洞、滿月圓、拉拉山等遊樂區是否可以納入考量。	敬悉。目前所評選欲執行調查之林道，除林道在林班地內長度、管制情形、車輛通行概況、是否具有景點等因子外，在文獻資料、民眾觀察與本計畫初步現地勘查均有一定程度道路致死之課題，且經評選後其執行優先度亦較高。
2. 會請各林管處提供道路致死的資料與相關經驗。	感謝提供協助。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第一次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(5/6)

六、保育組林華慶技正	
1. 現場調查方法之白天慢速騎乘機車調查，是否於固定時間實施或隨機啟動。	敬悉。經前期操作試驗後，各林道道路致死調查方式較適宜之方式為早上開始進行調查，由於部份林道長度較長，約需整日方可完成該林道之調查作業，
2. 如何排除鳥類(如鴉科鳥類)叨食路面屍體對調查結果造成之影響？	敬悉。路死屍體腐敗或被其他物種取食之影響不易排除，後續將持續關注此類問題。
3. 建議不同路段之車流、穿越道路動物活動高峰及死屍叨食動物活動情形等，應先行瞭解後，再決定現場調查之執行時間。	敬悉。目前本計畫主要目標為瞭解林道道路致死課題的主要影響種類、發生位置、可能之改善措施等，且部份林道現場調查時間約需一整日方能完成，較不易於特定時間進行。然後續執行時仍將注意是否有相關影響因子，並評估納入後續建議中。
七、集水區治理組吳國欽技士	
1. 報告中提到的山區道路與林道是有區隔的，因此要應用在林務局內就把道路確定是在林道，目標比較單純。	遵照辦理，本計畫目標即設定為林道。
2. 林道道路的選擇上大致同意。桶后林道由於溪流經過生態豐富故造成許多的路死情形，而其他林道可能要針對車流量和周邊棲地環境做進一步考量。	敬謝指教。本計畫即會將林道車流量與周邊棲地環境配合道路致死調查結果進行探討。
3. 道路分成左中右之外，尚須考量直線、彎道等因素的影響。	敬謝指教。關於道路線型之影響，將於第一年道路致死資料蒐集完畢後，配合其他環境因子共同分析探討可能影響，並嘗試於第二年利用地理資訊系統等工具輔助進行分析。
4. 非硬鋪面林道被刪除，但仍可考量納入調查。許多林道道路通過原住民村落等地，易被要求鋪設硬鋪面，故此類林道的調查可為日後可能進行硬鋪面鋪設考量的依據(如非硬鋪面的好處為何)。	敬謝指教。本計畫主要目標為遴選道路致死課題較為顯著之區域，並研擬改善對策，因此仍優先以車輛通行較為顯著，已知有道路致死課題之林道進行。關於硬鋪面的可能影響可視調查結果進行討論。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第一次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(6/6)

八、森林企劃組康恬慎技士	
1. 旭海觀音鼻自然保留區圖層有更新，有覆蓋到國有林道，可以提供納入分析考量。	感謝提供資料，已納入調查林道評選之地景因子處理作業中。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第二次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(1/4)

開會時間：101年3月19日（星期一）上午10時00分

會議地點：行政院農委會林務局2樓會議室

單位意見	回覆說明
一、羅東林管處	
1. 計畫工作包括設計完成一項道路改善措施，請問工程經費如何計算？	敬悉。第二年度工作項目即包含道路改善措施細部設計，將根據設計型式、規格計算所需工程經費。
2. 篩選林道其中一項為道路長需達5公里以上，不知是否有科學依據？	敬謝指教，5公里為主觀訂定的標準，並無科學依據，其目的為依可能的道路致死課題敏感性而將林道排定優先順序進行調查。
3. 動物的繁殖期為春季，但是調查時程集中在夏季的原因？	敬悉。計畫前期主要工作進程為評估欲進行調查之林道，以確實掌握課題可能發生區域，達成改善成效。而不同動物類群繁殖季節亦不僅限於春季，夏季與秋季亦為動物活動頻率較為頻繁之季節，如部份蛙類於秋季進行繁殖，而爬蟲類較為活躍季節則為夏季，因此本計畫在符合計畫要求的前提下，盡量平均各季節的努力量。
二、新竹林管處	
1. 建議提供路死動物撿拾與回報的標準作業流程或表格。	遵照辦理，已於第二次工作坊會議紀錄提送時一併附上道路致死動物撿拾與回報之作業流程與表格。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第二次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(2/4)

<p>2. 桶后、大鹿與樂山林道今年度均有工程施作與相關維護，將就細部內容與承辦單位聯繫。其中大鹿/樂山林道因為空軍基地施工，50 噸重車、RC 車與載土車出入頻繁，造成路面破損嚴重；大鹿林道沿線有 3 件道路工程(9K、25K 側溝及路面改善、3.5K 邊坡及路面改善、17K 邊坡整治工程)，預定 5-6 月開工。樂山 1K 與 3K 正進行策溝及路面改善工程(預計 100 日完工)，有工程車及人物料出入，路況較為複雜。</p>	<p>感謝提供相關資訊，已納入調查林道第二階段評選作業中。考量大鹿林道與樂山林道因牽涉單位較多、路況複雜變動高，四月之後之林道道路致死調查作業即選擇於桶后林道、大雪山林道、宜專一線與翠峰林道進行。</p>
<p>3. 觀霧森林遊樂區目前並未開放售票，恐難提供大鹿與樂山林道的車流量統計資料。但是山椒魚博物館將於 4 月底開館，預計人車將會增加。</p>	<p>感謝提供相關資訊。</p>
<p>4. 若桶后林道已出現蛙類路死熱點，建請承辦單位提供道路改善的工程施作設計，以利施辦。</p>	<p>遵照辦理，後續將進行拜訪並針對相關課題進行討論。</p>
<p>5. 建議將路死監測工作納入巡山人員的巡視工作，建請本局於每月統計報表項目增設相關報表，由工作站每月匯整呈報。</p>	<p>感謝提供建議，後續將進行拜訪並針對相關課題進行討論，並於會議紀錄發送時一併提供目前道路致死紀錄之標準作業流程與簡易紀錄表格供參。</p>
<p>6. 期待透過本先驅計畫建立對不同林相、不同物種之路死熱點評估，以利未來規劃設計合適的動物廊道。</p>	<p>敬謝指教，此即為本計畫努力之方向。</p>
<p>7. 加強與治山工作人員之溝通與教育訓練，改變過往以人為保全對象的思維。</p>	<p>敬謝指教，後續亦將強化與治山工作相關人員之互動與瞭解，亦請 貴局處給予協助。</p>
<p>三、東勢林管處</p>	
<p>1. 大雪山林道已知的道路致死問題主要有：車速過快、夜間視線不良，以及 23.5K 前後鳥類攝影者故意餵食等。</p>	<p>感謝提供相關資訊，後續調查作業進行時將注意相關課題。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第二次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(3/4)

2. 鞍馬山工作站主要巡護範圍為13.5-49K。	感謝提供相關資訊，已更正本計畫相關資訊。
3. 道路之清潔可能會影響路死調查與資料蒐集。	感謝提供相關資訊，已與調查林道所屬單位進行聯繫，請教道路清潔作業進行時程並調整調查作業時間。
4. 桶后林道可增加測量“河流與道路距離”。	遵照辦理，後續即會以地理資訊系統方式，將此因子納入分析評估中。
5. 建議應同時記錄道路兩旁林相，可能為路死分布相關因子。	感謝指導，調查時即會記錄道路致死發生位置周圍環境概況，並輔以地理資訊系統圖層資訊進行評估。
四、南投林管處	
1. 本計畫調查設計目前僅考量季節性變化，建議未來可增加道路致死物種發生時間高峰的變項(如白天、下午、晚上)。	敬謝指教。目前各林道試驗操作結果，在維持調查精細程度(慢速前進)之前提下，各林道需耗費全日進行記錄，方可能在同日內完成該林道道路致死調查作業，較不易直接增加當日時刻變項。此外，道路致死屍體不易判斷死亡時間，若需確認路死發生時間可能需要極高頻度的調查設計。
2. 丹大的路權歸屬為林道或步道目前不明確。	感謝提供資訊。
五、嘉義林管處	
1. 承辦單位所掌握的林道相關資訊可能與實際有所出入，例如本處林道長度皆大於5公里。	感謝指導。本計畫所指之林道長度為位於林班地範圍內之林道長度，已進行檢討相關資訊是否有謬誤並進行更正與說明。
2. 祝山林道位於遊樂區內，人車較多，且有遊樂區清潔人員會在每天清晨清理祝山林道的動物屍體，可作為相關調查的參考。	感謝提供資訊，已納入本計畫相關內容。將於會議紀錄發送時一併提供目前道路致死紀錄之標準作業流程與簡易紀錄表格供參。
六、屏東林管處	

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

第二次工作坊與會單位意見及辦理情形說明(4/4)

<p>1. 本轄處有美瓏山與沙溪林道進入初選，在第二階段俱皆篩除。雖然本計畫主要針對國有林班地內林道，但就路死調查而言，人車流量較高、後端有休憩區的藤枝林道與大漢林道應較具調查改善價值。</p>	<p>感謝指導。藤枝林道因受風災影響，現況為公告封閉或告示車輛勿進入，因此未選入調查目標。然未來若恢復通車，仍會列入建議調查對象。</p>
<p>2. 若需提供各森林遊樂區逐日車流量，請詳具所需資料的具體內容與時段。</p>	<p>遵照辦理，將於會後提出所需車流量資料之內容與時段。</p>
<p>七、台東林管處</p>	
<p>1. 台東沒有林道入選路死調查，但是知本林道(長 12K)與利嘉林道(長 24K，管制從 12.5K 開始)路況皆佳，其中以利嘉林道遊客眾多、保育類物種亦多(10K 以前為橙腹樹蛙重要棲地)。</p>	<p>感謝提供相關資訊。</p>
<p>2. 建議路死通報與後續處理機制，部分路死個體適合供作研究或標本捐贈，建請提供合適的後送機構名單。</p>	<p>遵照辦理，已於會議紀錄提送時一併提供相關建議資訊。</p>
<p>3. 台東轄內目前沒有林道入選，請再說明是否仍需要提供遊樂區車況與路況資訊。</p>	<p>遵照辦理，將於會後與貴處聯繫，說明相關資訊需求。</p>
<p>八、花蓮林管處</p>	
<p>1. 本轄處林道皆未入選，但會評估私下試辦萬榮林道的路死調查。</p>	<p>敬謝指教。若需相關建議或經驗提供敬請不吝提出。</p>
<p>2. 建請提供動物屍體保存與研究相關單位，以利後送有研究價值之路死屍體。</p>	<p>遵照辦理，已於會議紀錄提送時一併提供相關建議資訊。</p>
<p>九、森林育樂組遊樂科</p>	
<p>1. 同仁都期待本計畫能幫助各處進行後續改善，希望能有更明確的路死調查機制與流程，包括表單格式、安全措施、資料匯集與資料庫建立等等，以利長期監測、研究與改善之用。</p>	<p>敬謝指教，此亦於本計畫所致力之目標，將於報告內容中說明操作模式與未來建議方向。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
期中審查會議結論及與會意見辦理情形說明(1/6)

會議時間：101 年 05 月 25 日（星期五）上午 09 時 30 分

會議地點：林務局 7 樓會議室

單 位 意 見	回 覆 說 明
一、會議結論	
1. 「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」一案，請受託單位補充有關道路周邊排水設施相關資料，經委辦單位審查後通過。	遵照辦理，已於民國 6 月 14 日提送道路周邊排水設施相關補充資料，並已納入期末報告中，詳請見 4.2 節與 5.4 節。
2. 審查委員及列席者所提之意見，請研究計畫主持人納入參考，並將處理情形列表附於成果報告中。	遵照辦理。
二、委員意見彙整	
(一)陳添喜委員	
1. 文獻資料不完整，與臺灣鄰近的日本相關研究資料極豐富，但報告中少見有引用或參考，尤其環境條件與物種組成與臺灣類似。	感謝委員意見，已補充日本相關研究資料，請詳 2.4 節。
2. 第三章之評估欠缺參考文獻，應建立或參考標準方式，系統性進行資料蒐集。	感謝委員意見，目前所蒐集之文獻均以既有道路致死資料點位進行評估分析，少見事先預估之案例。本章作業內容即為利用既有之全國性標準統一之資料，配合相關文獻所提及之道路致死主要因子與工作坊專家顧問意見，嘗試預先提供林道調查時之篩選參考。
3. 改善對策宜參考他國經驗，建議訂定上位計畫與處理原則。	感謝委員意見，已蒐集彙整他國改善對策執行經驗，並包含生態環境與目標物種與本案較相似之日本案例。第二年計畫執行時，將根據本案之執行經驗研擬上位計畫與建議處理流程供主辦單位參考。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期中審查會議結論及與會意見辦理情形說明(2/6)

<p>4. 道路造成生態陷阱(ecological trap)問題與改善未見有討論。</p>	<p>感謝委員指導。目前各林道之道路致死問題仍屬未知，本案主要目標即為系統性調查並瞭解既有道路致死狀況。調查過程中若發現可能為生態陷阱之課題(如短肢攀蜥有發現道路致死熱點，可能因受道路散熱吸引而遭車輛壓死)，則會納入改善作業評估中。</p>
<p>5. 致死敏感環境選定應參考文獻規劃監測重點，才能有效提出改善對策。</p>	<p>感謝委員指導。本計畫第二年重點工作項目即包含根據執行經驗、參考文獻蒐集與改善設施設置等，綜合提出包含監測重點之後續建議方向。</p>
<p>6. 排水設施致死未見於報告中。</p>	<p>感謝委員指導。已將道路周邊排水設施相關補充資料與分析納入期末報告本文中，請詳 4.2 節與 5.4 節。</p>
<p>(二)林德恩委員</p>	
<p>1. 第 10 頁本計畫主要目標種類為兩爬類，但這兩類物種文獻回顧僅 4 篇，建議可增加。</p>	<p>遵照辦理，已增加兩棲類與爬蟲類文獻回顧，請詳第二章相關部分。</p>
<p>2. 第 32 頁保育類野生動物名單有誤請更正，例如柴棺龜、雪山草蜥。</p>	<p>遵照辦理，已更正保育類野生動物名單，請詳表 3.2.2-1。</p>
<p>3. 有無考慮協助林務局建議一個內部專用的 ROCS 系統，供巡山員或清潔隊使用。</p>	<p>感謝委員指導，目前已提供各林管處本案道路致死調查作業流程，以及簡化後易於填寫回報之表格，後續亦將與主辦單位研擬回報系統建置操作方向。</p>
<p>三、列席者意見彙整</p>	
<p>(一)羅東林區管理處</p>	
<p>1. 期中報告中，多處「紀錄」與「記錄」混淆，請統一用詞。</p>	<p>感謝指正。經查立法院認可之法律統一用字(語)表，「紀錄」用於名詞，「記錄」用於動詞，已重新檢討並修訂內文謬誤之處。</p>
<p>2. 第 57 頁太平山國家森林遊樂區收費站位於宜專一線 3K 處，非 4K。</p>	<p>感謝指正，已更正相關資訊。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期中審查會議結論及與會意見辦理情形說明(3/6)

<p>3. 附錄二-宜專一線照片地點非 OK 處，拍攝照片日期亦非正確，請修正。</p>	<p>感謝指正，照片拍攝日期確認為民國 101 年 1 月 11 日，屬於本計畫執行期間。因主要目的為記錄環境狀況，因此並非於 OK 地點進行攝影。</p>
<p>4. 附錄二-翠峰林道非雙車道，地點亦非 OK 處，請修正。</p>	<p>感謝指正，已修訂翠峰林道相關資訊。因照片主要目的為記錄環境狀況，因此並非於 OK 地點進行攝影。</p>
<p>5. 第 32 頁表 3.2.2 統計時間為何？統計地點為何？請說明節錄何處。</p>	<p>表 3.2.2-1 之資料來源為行政院農業委員會林務局自然資源與生態資料庫，其為國立台灣大學生物多樣性研究中心於民國 95 年 12 月 31 日整理提出。</p>
<p>6. 「熱點」的評估標準為何？要壓死幾隻動物才算？是否有相關研究報告？</p>	<p>感謝指教，本計畫已蒐集相關文獻案例，於報告中採用多種熱點分析和呈現方式處理，如以地理資訊系統之空間統計工具 ArcGIS hot spot analysis (Getis-Ord Gi*)進行檢定之方法。</p>
<p>7. 第 27 頁「臺灣多數物種缺乏全面性、長期性生態調查與基礎生物資...本計畫為釐清林班地內生物資源分布狀況...(略)」，本期中報告未提及林道周遭生物資源及族群分布概況等背景資料。</p>	<p>感謝指教，全台林道生物資源及族群分布相關資料收集工作量龐大，且各類資料比較不易，因此才以資料庫資料為分析對象。本計畫亦收集部份調查林道的相關文獻，第二年應會針對敏感路段和目標類群進行完整的文獻收集。</p>
<p>8. 本調查案未探討周遭是否有相關族群分布，生物資源調查及棲地調查等皆不足，看到的只有動物的路死量來評估，若貿然以此來作為生態廊道之施作依據，恐怕會造成更大浩劫。</p>	<p>敬謝指教。本計畫第一年度作業重點在於釐清調查林道內是否具有道路致死課題，其目標物種與發生位置分布情形。第二年度工作作業即包含瞭解林道周圍生物資源調查與棲地概況。針對課題提出改善措施，而改善措施包含各種不同層面的工作，不必然為生態廊道。在改善措施設計前與施作前將進行較細緻之棲地環境勘查，並儘可能以對現地環境變動最小之方式進行，避免因改善作業造成負面影響。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期中審查會議結論及與會意見辦理情形說明(4/6)

<p>9. 第 66 及 71 頁第一次及第二次工作坊，許多與會專家學者及各管理處代表提出許多寶貴意見及建議，請觀察家生態顧問有限公司列出回應及辦理情形。</p>	<p>遵照辦理，已列表整理各次工作坊與會議紀錄並說明辦理情形。</p>
<p>(二)新竹林區管理處</p>	
<p>1. 本次調查地點以國有林班地區域之林道，目前以調查到兩棲及爬蟲類為主，少有哺乳類等大型動物，其可能發生路死，也不易等到調查人員到達查獲，屆時將請本處現場同仁協助通報。</p>	<p>感謝提供資料，將納入動物道路致死點位資料中。</p>
<p>2. 本次調查目的為改善道路致死情形，建議能擴大觀察。並對苗 128 縣道石虎道路致死及新設道路苗 62 縣道生物致死改善，給予道路改善建議。</p>	<p>感謝指導。後續將依個案現況嘗試提供相關建議。</p>
<p>(三)東勢林區管理處</p>	
<p>1. 計畫書附件各縣市動物救傷單位表中，臺中市農業處林務自然保育課科已遷至豐原區陽明大樓。</p>	<p>感謝指導，已修正相關資訊，請詳附錄十。</p>
<p>2. 本處將提供鞍馬山工作站保育報表中近 5 年救傷資料。</p>	<p>感謝提供資料，已納入本計畫收集的非本計畫調查資料中彙整。</p>
<p>3. 大雪山林道遊樂區內，今年已知有山羌路死事件 2 件，死因為由峭壁上摔下死亡及其他未知原因(因無明顯外傷)。</p>	<p>感謝提供資料，已納入本計畫收集的非本計畫調查資料中彙整。</p>
<p>4. 大雪山林道外線動物道路致死數量較高，應與 15K 前大雪山社區居民及遊客數量有關，建議可聯繫大雪山社區發展協會及派出所進行訪談。</p>	<p>感謝提供資料，已與派出所聯繫並嘗試進行提供遊客道路致死宣導與回報表格的操作試驗。本年度尚未與大雪山社區發展協會聯繫溝通。</p>
<p>5. 請研究單位至大雪山林道調查時，注意交通安全及部份路段有落石問題，請注意安全。</p>	<p>遵照辦理，將注意相關路段落石問題，並於調查作業進行時注意交通安全。</p>
<p>(四)南投林區管理處</p>	

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期中審查會議結論及與會意見辦理情形說明(5/6)

<p>1. 第 37 頁人倫林道非山地管制區，通行車輛也不少，且位於林班地長度在 5 公里以上，林道末端人倫駐在所部份才進行管制，將人倫林道放入林道管制而排除因子，無法貼近事實，請衡量。</p>	<p>敬謝提供資訊，經查期中報告引用之人倫林道管制資料有誤，人倫林道可通行長度應超過 5 公里，因此不應於第一階段篩選時刪除，而應進行現勘確認。由於本計畫二月即選定林道開始調查，因此無法再將人倫林道納入，人倫林道可於第二年進行補現勘工作，以補充報告的完整性。</p>
<p>(五)嘉義林區管理處</p>	
<p>1. 嘉義處林道資料有誤，請參考附件資料修改。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>(六)屏東林區管理處</p>	
<p>1. 「公告封閉或管制車輛進入」應為「公告封閉或告示車輛勿進入...」</p>	<p>遵照辦理，已更正相關敘述，請詳第 3.3.1 節(3)林道現況是否可行駛四輪車輛之內容。</p>
<p>2. 附錄一屏東處所轄林道請部份更新如下： a. 藤枝林道:通暢，告示遊客勿進入。 b. 美隴山林道:部份通暢，可至 17K。 c. 五指寮林道:部份通暢，可至 5K。 d. 扇平林道:現屬林試所轄管。</p>	<p>遵照辦理，已更新林道相關資料，請詳附錄一。</p>
<p>3. 現場環境因子調查的記錄，是否能包含更詳盡之現場棲地狀況，且予以分類，俾利分析。</p>	<p>遵照辦理，已進行道路結構及棲地因子調查，並利用地理資訊系統取得林道周圍棲地類型、與溪流距離等環境因子，納入分析作業中，調查記錄因子與方式請詳 4.2 節，初步分析結果請詳 5.4 節。</p>
<p>4. 調查頻度方面，在假日部份僅有每季一次，若要進行假日、非假日比較是否過於不足。</p>	<p>敬悉。本案主要目的為瞭解林道路路致死發生位置、影響種類等課題現況，因此調查時程安排以增加基本頻度為主。在假日與非假日之道路致死情形比較方面，則先進行課題之瞭解。</p>
<p>(七)花蓮林區管理處</p>	

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期中審查會議結論及與會意見辦理情形說明(6/6)

<p>1. 附錄一之「近期四輪車行駛狀況」與附錄二「路況」前後不相符，應依現狀統一呈現(花蓮處所轄林道部分)。附錄一萬榮林道 9.5K 設有管制站，請補充。</p>	<p>遵照辦理，已更正相關資訊。</p>
<p>2. 附錄五附件資料「各縣市動物救傷單位資料」，缺東部(花蓮、臺東)資料，請補充。</p>	<p>遵照辦理，已補充東部的救傷單位資料，請詳附錄十。</p>
<p>(八)臺東林區管理處</p>	
<p>1. 附錄一表格景點乙格，建議加入登山步道出入口之考量。因為許多林道在登山口路線上皆為重要出入口。例如臺東處的延平林道，為南一段的重要出入口；美瓏山林道為單攻小關山之出入口；中平林道是登馬博橫斷路線之出入口；郡大林道及瑞穗林道為南三段出入口。登山團體接送登山客時會進入林道，尤其在某些熱門路線，車流輛或車行數亦不少。</p>	<p>敬悉。登山人口之交通車輛亦為可能造成道路致死之影響因子，然在車流量考量因子上，仍以具有既有資料，且更為大眾化之森林遊樂區或有管制區域林道為主。</p>
<p>(九)林務局林華慶技正</p>	
<p>1. 請統一「瑪家龜殼花」與「阿里山龜殼花」之名稱。</p>	<p>遵照辦理，已統一名稱為「阿里山龜殼花」。</p>
<p>(十)林務局林宣佑</p>	
<p>1. 請說明桶后林道夜間施行管制，梭德氏赤蛙路死數量仍高之原因。</p>	<p>梭德氏赤蛙在繁殖期間，傍晚即開始進入活動高峰(約 17:00)，且因其活動頻率提升，調查人員亦於白日即發現活動於路面之個體。經洽詢相關人員，桶后林道雖於夜間管制進入，然仍有當地居民會於此活動，或是白日遊客進入後於傍晚離開林道，推測為桶后林道梭德氏赤蛙道路致死數量仍高之原因。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
生態專業顧問會議與會專顧意見及辦理情形說明(1/4)

開會時間：101 年 10 月 05 日（星期五）下午 02 時 00 分

會議地點：古蹟茶館紫藤廬一樓佑廳（臺北市新生南路三段 16 巷 1 號）

單 位 意 見	回 覆 說 明
一、臺北市立動物園陳賜隆助理研究員	
1. 簡報中說明用之白面鼯鼠照片建議更換成刺鼠，較符合本案調查結果。	遵照辦理。
2. 部分結果說明應該用百分比呈現。	遵照辦理，已調整相關呈現方式。
3. 梭德氏赤蛙的分布跟海拔和溪流有關，溪流因子應納入分析作業中。另外可能有些蛇如紅斑蛇或赤尾青竹絲會捕食梭德氏赤蛙，可以注意其相關性。	遵照辦理，已將溪流因子納入地理資訊系統之道路致死相關因子分析作業中，並於第五章結果中比對各動物類群道路致死熱點之空間分布狀況。
4. 應提供林務局較為明確的改善建議和需要的費用估算，而改善設計方向建議考量現地類群特性。	感謝指導。第二年工作項目之一為提出改善措施細部設計，即會包含費用估算。另改善措施方向將依據現地物種之生態習性與熱點路段環境特性設計。
5. 簡報內西表島案例中的水溝逃生設計，部分可能是特別針對食蛇龜所設計，參考相關案例時應注意。	感謝指導，參考設計改善措施時將注意是否合乎目標物種類群之需求。
6. 標蛇和台灣標蛇這類有辨識困難、生態習性相近的類群可以在分析時合併處理。	遵照辦理。
7. 目前道路致死熱點的密度計算是以每 100 公尺為單位長度，可以考慮以較大尺度處理。	敬謝指教，道路致死熱點計算時已考慮 1 公里和 500 公尺等較大尺度，將視情況呈現於結果中，相關道路致死熱點路段分析結果請詳 5.3 節。
8. 簡報中呈現數據很多，需要較完整或系統性的分析來呈現。	遵照辦理，將檢討數據之呈現方式，並完整說明分析方法與項目。
二、國立金門大學土木與工程管理學系林世強	
1. 林務局需要的減輕措施的目的是增加棲地連結還是減少道路致死？兩者措施具有不同考量。另外太大型的改善措施工程經費需求很高，不易執行。	感謝指導，改善措施設計時將依據目標物種類群是否有穿越道路連結兩側棲地之需求，或是僅受道路特性吸引而前來等因子進行不同考量。亦將注意改善措施等執行費用合理性。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
生態專業顧問會議與會專顧意見及辦理情形說明(2/4)

<p>2. 若有沿線生物多樣性或豐度資料，可與道路致死物種數量進行比較，或許會發現有些地方生物多而道路致死也多。如有生物豐度高但道路致死數量少的情形，則可特別注意，可能為道路造成棲地阻隔。</p>	<p>感謝指導，本計畫已嘗試分析相關生物資料，但國內目前相關資料仍極缺乏或不易取得，後續將注意是否有道路造成棲地阻隔的情形。</p>
<p>3. 交管措施或許可考量採用臨時性的高架路面，在特定季節進行彈性運用。</p>	<p>感謝指導，將與主辦單位討論相關措施之可執行性。</p>
<p>4. 國外相關研究以哺乳類大型動物為主，但仍有一些兩棲類與爬蟲類的研究資料可以納入文獻蒐集中。</p>	<p>感謝指導，已補充兩棲類與爬蟲類相關文獻，</p>
<p>5. 路死或可考慮其呈現之單位，如隻數/100m/日(或次)等。如此或可用以比較不同路段或林道之道路致死密度。</p>	<p>感謝指導，將配合結果分析項目，以不同方式呈現道路致死密度。</p>
<p>6. 連續調查時，是否第一天記錄到的道路致死數量最多？</p>	<p>連續調查時第一天通常會有最多的路死動物紀錄，但也有少數例外。</p>
<p>7. 本案調查資料豐富，是否會提供給國內相關生物資料庫？</p>	<p>本案調查成果公開之方式將請示主辦單位。</p>
<p>8. 簡報中有提及會於第一年計畫結束後主動持續監測梭德氏赤蛙的道路致死情形，若第二年計畫銜接不上，額外持續調查所需經費或許可以向林務局或林管處以其他項目如工程管理費等申請。</p>	<p>感謝提供意見，將與主辦單位商討相關事宜。</p>
<p>9. 施工階段仍有注意事項，包含避開物種繁殖期等，例如簡報報告中提及建議改善措施的目標物種梭德氏赤蛙。</p>	<p>感謝指導，選定改善措施目標物種後，將建議主辦單位調整第二年度作業時程，避免於目標物種或其他應關注類群之敏感期間進行施工。</p>
<p>10. 美國的例子大多是考量大型哺乳類動物與交通安全課題，其改善方式可能不適用於臺灣。</p>	<p>感謝指導，將選擇較為合適之案例，如執行兩棲類或爬蟲類之操作案例，或環境特性相近之案例如日本兩棲類與爬蟲類改善措施進行參考。</p>
<p>11. 在建議路死減輕措施時，請同時考量路死之減少與棲地連結二方向之平衡。</p>	<p>感謝指導，後續規劃減輕措施時將根據目標物種類群特性，將道路致死減輕與棲地連結均納入考量中。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
生態專業顧問會議與會專顧意見及辦理情形說明(3/4)

三、行政院農業委員會特有生物研究保育中心林德恩助理研究員	
1. 國外鳥類部份有猛禽的路死研究，可納入參考。	遵照辦理，已納入參考，請詳 2.2 節。
2. 各林道道路致死的密度單位也可考慮每年每公里平均死亡隻數呈現。	遵照辦理，將依據分析討論項目，檢討並擇較為適宜之道路致死密度單位呈現方式。
3. 在結果說明時，可先以總資料(個體密度)來評估路死熱點，之後再討論各類群或特定種類的道路致死熱點。	遵照辦理，已補充總資料(個體密度)之道路致死熱點分析結果，請詳 5.3 節。
4. 林務局認為該優先改善的熱點路段是某個物種的數量熱點，還是很多物種會出現在同一處的物種熱點(或多樣性熱點)? 兩方向考量不同，建議先與局內取得共識。	遵照辦理，將根據分析結果，提出相關建議並與主辦單位討論事宜方向。
5. 由今年調查結果變化來看，林道管制區內路死較區外少，且由颱風過後道路管制時期死亡數量大幅降低的結果也可看出藉由交通管制進出以及封路是最有效的減輕措施，在建議林務局改善對策時仍應納入。	遵照辦理，交通管制改善措施之建議將納入報告中供主辦單位參考。
6. 各林道在進行遊客管制若有人力需求上的困難，可以建議林務局或林管處以計畫方式委託給其他單位執行，例如接洽楊懿如老師所培訓的兩棲類調查志工團隊等。	遵照辦理，將提供主辦單位相關建議。
7. 很多爬蟲類在繁殖期日夜都會活動，可能是調查團隊發現屬夜行性種類的個體在白天被車輛輾斃的原因之一。	感謝指導，將納入調查成果分析評估之中。
8. 在減輕措施改善的目標物種優先順序中，建議提高短肢攀蜥的順位，因為其屬於保育類物種，且在林班地內有發現道路致死熱點。	遵照辦理，將提高短肢攀蜥之建議處理順位，並說明其建議處理原因。
9. 攀蜥類棲息於路旁主要原因包含吸收道路路面散熱或曬太陽提升體溫。研擬改善措施可朝清理路旁部份植被，提供開闊區塊並放置大型石塊供給停棲吸收熱量，降低其爬至道路路面之誘因。	感謝指導，將納入改善措施建議執行方式之中。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
生態專業顧問會議與會專顧意見及辦理情形說明(4/4)

<p>10. 本計畫調查資料蛇類物種記錄中標蛇和史丹吉氏斜鱗蛇所佔比例很高，但特有生物研究保育中心所蒐集到的全台蛇類道路致死資料統計結果中，該兩種的比例不高，為有趣之處。</p>	<p>感謝指導。</p>
<p>四、國立屏東科技大學野生動物保育研究所陳添喜助理教授</p>	
<p>1. 根據本計畫招標文件準備會議的討論，排水設施內的生物應為調查項目內容。</p>	<p>敬謝指教，本計畫第一年工作項目應不包含排水設施內的生物調查，僅含排水設施致死潛在敏感程度評估。</p>
<p>2. 道路致死熱點應要有物種考量，包括多樣性熱點評估等，保育類可以考慮以加權方式處理。雖然目前看起來有很高的調查努力量，但結果的分析會讓人覺得專業性不足。除了先前提過熱點分析方法之外，建議要進行各林道調查結果的比較。</p>	<p>敬謝指教，相關分析方法與項目已納入期末報告內容，請詳4.2節與5.2節。</p>
<p>3. 在道路致死熱點上，應多參考相關文獻的分析方法，與諮詢合作的專業顧問。由本計畫經費來看，若只是呈現初步未經分析的資料，難以看出執行團隊專業性。</p>	<p>遵照辦理，已補充道路致死熱點分析方法與相關參考文獻，請詳4.2節。</p>
<p>4. 動物為何來到道路旁邊或穿越道路的原因為關鍵，應設法找出。</p>	<p>感謝指導。已將相關棲地、道路結構等因子與道路致死調查結果進行相關性分析，並探討可能原因。第二年計畫進行時，亦將朝此方向努力。</p>
<p>5. 就計畫執行的經費考量上，明年度預計要改善的目標，應今年度就提出，若下年度計畫時程較晚，則會無法在合適的時段進行改善，問題嚴重。</p>	<p>感謝指導。將根據目標物種生態習性及工程應配合之時程需求，鑑請主辦單位進行考量。</p>
<p>6. 本案所提出之道路致死減輕措施工作應該要具有示範效果，以利後續相關作業推展。</p>	<p>感謝指導，此即為本計畫應達到之目標。</p>
<p>7. 過去林道的水溝型式，可能牽涉到工程上專利相關問題。本計畫執行成果結果或許可協助解決水溝型式設計限制問題，讓爾後林道水溝能更新為對生態較為友善的型式。</p>	<p>感謝指導，第二年度山區道路改善建議時，即將提出相關改善之原則與建議執行方向。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
 期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(1/11)

會議時間：101 年 11 月 14 日（星期三）下午 14 時 00 分

會議地點：林務局五樓會議室

單 位 意 見	回 覆 說 明
一、會議結論	
1. 「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」委託研究案期末報告審查通過。	敬悉。
2. 審查委員及列席者所提之意見，請研究計畫主持人納入參考，並將處理情形列表附於成果報告中。	遵照辦理，如下所列。
二、委員意見彙整	
(一)楊副局長宏志	
1. 請受託單位依本案成果迫切程度，再觀察篩選建議 6 處需改善之熱點，及可執行改善措施建議。	遵照辦理，已依據課題特性與是否容易執行等層面來研擬提供需改善之熱點位置與改善建議，相關內容請見第 6.2 節。
2. 各林管處日後於道路旁設置告示牌時，牌面上所呈現物種名稱及種數擬需詳加考量，並參考專業意見。	敬悉。
3. 請保育組會同治理組，邀請觀察家顧問公司團隊直接至路死熱點現場，研擬改善對策。	遵照辦理，將配合出席現場勘查與研擬保育對策。
4. 各林管處請於道路致死改善措施完成後，再發佈新聞稿，較能展現保育績效。	敬悉。
5. 請保育組除研擬同仁填寫用報表外，亦可考量開發由一般民眾自行登錄的路死調查 APP 系統。	敬悉。
(二)呂委員光洋	
1. 依報告受委託單位執行本計畫認真踏實。	感謝委員肯定。
2. 圖 5.2、2-2、2-3、3-4..等，圖的 Y 軸部分的尺度 (scale) 不甚清楚，委員無法判定每種的數量究竟有多少？	遵照辦理，已將各圖 Y 軸尺度縮小，以便於數量判斷。

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(2/11)

<p>3. 熱點的定義可再清楚一點，圖 5.3、5-3 梭德氏赤蛙的熱點和溪流有無關係？</p>	<p>遵照辦理，已於熱點分析方法中補充說明。圖 5.3.5-3 所示之梭德氏赤蛙為大雪山林道與溪流最接近之處，推測為其繁殖季節橫跨道路主要之處，另外並於 5.4.3 節補充溪流分布與兩棲類熱點相關性說明。</p>
<p>4. 圖 5.4.1-1 無法和野外現場配合。</p>	<p>遵照辦理，已於圖 5.4.1-1 上加入重要地標資訊。</p>
<p>5. 未來熱點周圍之環境因子可考慮納入分析相關性與 vegetation 路面、水域、前段下雨之情況路寬。</p>	<p>遵照辦理，第二年計畫將針對熱點周圍環境因子進行較細緻之記錄與調查。</p>
<p>(三) 陳委員添喜</p>	
<p>1. 就計畫目標中周邊排水設施致死課題，仍未見有明確調查資料。沒有調查數據或與沒有致死風險之呈現方式應有所不同，但未見有實際調查資料。</p>	<p>敬悉，本案第一年度已初步評估其潛在風險性，第二年度將進一步分析排水設施課題。</p>
<p>2. 調查努力量極高誠屬難得，但諸多資料僅以原始數據方式呈現，未能利用常用的方法分析比較，無法呈現可能影響之層面。如就不同林道與不同海拔應提供致死物種組成相似度之比較；除物種數與個體數之外，應提供多樣性指數之比較分析；不應只有一堆原始數據之提供。道路致死之影響亦可用一般生物多樣性分析指數呈現。</p>	<p>敬悉。感謝委員肯定。本案已呈現各林道道路致死物種在具有海拔分布差異性之物種類群與各林道組成種類。惟本計畫主要目的在於釐清受道路致死影響課題較為嚴重之物種類群，且各林道海拔與環境變化差異甚大，本年度調查亦受風災影響使各林道努力量不一致，進行相似度或多樣性分析的結果可能不易解釋，且較難回饋至實際應用層面，因此本計畫未進行相似度和多樣性等指數的分析。</p>
<p>3. 資料呈現需注意文獻引用格式，非本研究原始數據應註明出處，如 p.50 表 3.2.2-1 請註明資料來源（期中報告即已提過未見修正）。</p>	<p>遵照辦理，除報告中相關說明外，另於該表下方註明資料來源。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(3/11)

<p>4. p.84 套疊道路周圍 50 公尺圖層有何代表性與意義？目前現有圖層的精度遠高於 50 公尺，無法真正現實際環境或林相類型，是否有現地校正？</p>	<p>敬悉，圖 5.1-1 的土地利用類型圖層來源主要為林務局提供之國土測繪中心「國土利用調查成果圖層」，本計畫第一年利用該圖層以地理資訊系統計算各分析路段兩側 50 公尺範圍內不同土地利用面積所佔比例，嘗試探討道路致死紀錄分布與土地利用類型的相關性，第二年即會針對熱點路段周圍環境因子進行較詳細之調查分析。50 公尺為主觀判斷可能直接影響道路兩側兩棲爬行類為主的動物分布和移動的可能範圍，與圖層精度無關。該圖層資料並無現地校正，僅林道線形有進行現地校正。</p>
<p>5. 請檢討「致死熱點」分析方法是否妥當？調查林道上動物致死點位為線性空間分布資料，卻用二維方格的分析方法，於轉彎處將被加權，造成分析偏差。相關調查並無道路外之點位，仍應以線性的分析方法較為合宜，用二維方格的方法相當奇怪，至少需要在討論中提及方法的限制與可能誤差。</p>	<p>敬悉。本計畫計算道路致死熱點所採用之熱點分析法 (Hot Spot Analysis, Getis-Ord <math>G_i^*</math>) 為線性的分析方法，該方法以百公尺路段累積致死量為單位，以常態化 Z 值(normalized Z-scores) 呈現道路致死是否具有空間集群效應，集群顯著 (<math>Z\text{-scores} &gt; 2.0, p &lt; 0.05</math>) 表示該類動物在該區段之累積致死量顯著高於其他區段。</p>
<p>6. 熱點之分析結果會與距離間隔有密切相關，報告中所採用之距離間隔十分混亂不一致(100m, 500m, 1km)，且並未解釋間隔採用的合理依據，造成結論相當不可信。應分別就不同的距離間隔比較 richness, abundance 與 diversity index 的結果，不宜隨意取不同距離間隔妄下結論。</p>	<p>敬悉。本計畫三種熱點分析方式均以百公尺為標準計算單位，此單位為考量資料量、定位誤差和現地改善措施設計作業等因素後主觀訂定，而 500m 和 1km 的計算主要目的為確認不同長度單位產出的結果是否有明顯差異。</p>
<p>7. 於相關結果與結論中皆未提供研究分析方法可能誤差之討論，亦無結果詮述限制之探討（如取樣數或數據間之偏差），並未經適當統計分析比較，多為描述性資料，無法合理判定熱點存在與否相關結論的可信度。</p>	<p>敬悉，本計畫主要結果道路致死熱點分析，以及道路結構、周圍環境等因子與道路致死點位分布關聯性即有根據相關文獻分析方式，進行統計檢定作業。</p>
<p>(四)林委員德恩</p>	

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
 期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(4/11)

<p>1. 本調查報告投注許多心力，辛苦了。然而整本報告在呈現時，卻出現許多錯字、漏字、語意難懂或不通之處，尤其是文獻回顧的部分，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● p.14— 2.3 道路致死減輕調查執行與資料運用案例(什麼是「減輕調查執行」?)</li> <li>● p.20— (2)加拿大安大略省施工優先路段決策系統建立(施工優先路段? 亦或優先施工路段?)</li> <li>● p.21—(3)將社會經濟與生態保育面保加利亞的道路改善規劃考量(?)</li> <li>● p.29—(a)哺乳動物改善排水設施的利用影響因子 (→完全看不懂，哺乳動物怎麼會改善排水設施?)</li> <li>● p.30—(6)人工維持濕度對兩棲類利用動物通道效益(溼地或溼度? 文中卻是提到鱒魚而非兩棲類; 內容也多是在說明溼地補償，而非「維持濕度」，請修正)</li> <li>● p.44— 3.1.2 道路設計與結構野生動物的潛在威脅 (→完全看不懂)</li> <li>● p.140—(2)非有通過道路需求路段之導引圍籬(看不懂)</li> <li>● 諸如上述的例子，文中還有許多類似讓人看不懂的文法，直覺上是以「翻譯軟體」翻譯外國文獻後，直接拷貝貼上，所以才會有許多語意難懂或不通的句子出現，請務必改善，否則再好的研究內容，若可讀性不高也是枉然!</li> <li>● 文獻回顧應該要更有「系統」的說明「重點」，而不是把所有回顧過的文獻拉拉雜雜全放到報告中。</li> </ul>	<p>遵照辦理，已修訂報告相關內容，請詳第二章相關小節。</p>
<p>2. 建議以「爬行類」代替「爬蟲類」一詞。</p>	<p>遵照辦理，已於結案報告中進行修訂。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(5/11)

<p>3. P.49 在進行路死敏感區域預測時，保育類物種的權重為 10，非保育類為 1，為什麼如此設計？有無依據或參考文獻？請說明。</p>	<p>敬悉，本計畫進行道路潛在敏感性分析所作的保育類物種加權權重為考量資料庫數據質量後經討論後主觀決定。</p>
<p>4. P.50 表 3.2.2-1 應該是類似如下：「預測林道路死威脅路段潛力所使用之兩棲爬行類名單與資料筆數」而不是「道路致死敏感性高的兩棲類與爬蟲類名單與資料筆數」，原說法會讓人以為名單內所列的所有物種都是敏感性高的物種，但事實上卻不是。</p>	<p>感謝委員指導，已調整表 3.2.2-1 之名稱，以避免誤導。</p>
<p>5. P.93 的圖 5.2.2-2 主要林道蜥蜴類路死數量中，圖上顯示短肢攀蜥的數量為 11，但 p.96 (5)各類群保育類路死紀錄中第 2 段文字說明卻是：發現的路死保育類動物中，以短肢攀蜥 19 筆紀錄最多…，前後數據不合(11 or 19?)，請檢查後修正。</p>	<p>敬悉。圖 5.2.2-2 所顯示資料為大雪山林道、桶后林道、宜專一線與翠峰林道之資料(共 11 筆短肢攀蜥道路致死資料)，而 p.96 (5)各類群保育類路死紀錄則包含於第二階段排除之大鹿林道(5 筆)與樂山林道(3 筆)短肢攀蜥路死資料，如表 5.2.2-1 所示。</p>
<p>6. P.96 除了探討「保育類」，建議可再加入「稀有種」的討論。</p>	<p>遵照辦理，已加入稀有種討論。</p>
<p>7. P.102 (10)遊客宣導與調查參與試驗中，看不出來有對遊客進行宣導，僅是將 850 份宣傳單放置在派出所和遊客中心，也因此只回收 1 份宣傳單，效果很差！這是因為 1.不會有人沒事跑到派出所拿宣傳單，2.宣傳單的設計不夠精美和具吸引力，所以無法引起民眾的共鳴。請思考如何改善宣導的效率。</p>	<p>敬悉，本項工作有請派出所員警、林務局員工和志工等相關人員額外協助進行宣導單發送和說明，但仍為簡易且較被動的嘗試，後已於報告中建議林務局和林管處可主動利用現有軟硬體進行遊客宣導。</p>
<p>三、列席者意見彙整</p>	
<p>(一)林務局集水區治理組 吳技士國欽</p>	
<p>1. 建議於後續計畫中將道路致死熱點路段周邊坡度、水體等棲地因子加入分析，所得資料可反饋於日後工程施作設計之參考。</p>	<p>遵照辦理。第二年計畫執行階段將根據工程設計與施作需求，納入較詳細之道路致死熱點周圍環境調查作業。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(6/11)

<p>2. 桶后林道由於溪流經過生態豐富，故造成許多的路死情形，建議於下一年度繼續調查，以累計更詳盡完整之資料。</p>	<p>遵照辦理，已規劃於第二年計畫選擇桶后林道熱點路段持續進行道路致死調查。</p>
<p>(二)林務局保育組 張科長弘毅</p>	
<p>1. 本計畫係務實性之先趨計畫，初期篩選4條林道作規劃調查，屆時各林管處亦可關注尚未調查而有道路致死之路段。</p>	<p>敬悉。</p>
<p>2. 計畫成果例如梭德氏赤蛙之繁殖熱點路段，各林管處可規劃後續管制及大眾宣傳的改善工作。</p>	<p>敬悉。</p>
<p>3. 對於後續改善措施，涉及結構安全問題，建議以導引圍籬結合既有排水設施，既有道路構造改善等方向來進行。</p>	<p>遵照辦理，即將相關意見納入改善措施設計建議。</p>
<p>(三)林務局保育組 陳技士至瑩</p>	
<p>1. 請增加大雪山停車場管制站(35K)前後路死情形差異說明，將可提供本局現場同仁未來設置林道管制措施之說帖。</p>	<p>遵照辦理，大雪山林道各里程道路致死情形分析可見5.3.4節，另於6.1節「林道及林班地內的道路致死課題」部份補充說明大雪山停車場管制站(35K)前後道路致死差異情形。</p>
<p>2. 是否有與台灣山區地形相類似之路死減輕對策案例？可提供工程人員於設計施作時參考。並請於成果報告中將相關減輕措施圖檔加入，以利閱讀。</p>	<p>遵照辦理，本計畫整理之減輕對策案例有部份可能適合台灣山區地形，但仍需視目標物種需求以及現地狀況評估應採用之減輕對策。相關減輕措施圖檔已加入報告附錄十一，以利工程人員設計施作參考。</p>
<p>3. 請提供目前所蒐集到國外道路致死減輕對策相關電子檔，日後將由本局委託翻譯成為中文，以利同仁參考使用。</p>	<p>遵照辦理，已將相關報告提供承辦進行參考。</p>
<p>4. 本案所蒐集之路死動物名稱、發現地點等原始檔，請協助依本局資料庫格式填列，將可提供作為物種分佈之例證。</p>	<p>遵照辦理，即將調查資料原始檔案轉填資料庫格式並提供 貴局。</p>
<p>5. 本案現場調查所使用之表格，請於成果報告中放入，可提供有興趣進一步研究者參考使用。</p>	<p>遵照辦理，已於結案報告中納入調查填寫表格，請詳附錄十。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(7/11)

(四)羅東林區管理處 李技正芬蘭	
1. 依據報告，目前宜專一線與翠峰林道尚未發現明顯道路致死物種類群與熱點，為考量遊客協助進行調查本案路死於執行上恐有安全之虞，原擬似執行單位於調查表確定後轉現場同仁協助。	敬悉，請參考結案報告調查表附錄十，調查作業流程與分析方式亦可參考第四章內容。
2. 本處遊樂區於連續假日實施總量管制，執行單位可將該特定管制呈現之數據納入分析。	敬悉，各林道總量管制措施已於表5.1-1中簡要說明，本年度各調查日期應未達總量管制標準因此不影響調查結果。
3. 本案晨昏與其他時間等二組之數據是否有進行分析。	敬悉。本案各林道調查進行時，即需整日作業時間
4. 執行單位第二年是否還會對本處宜專一線及翠峰林道進行後續資料蒐集？如果不會那麼可否於期末報告提出對本處可執行之具體建議？	遵照辦理，已於結案報告彙整分析各林道課題並提出後續建議，請詳第6.2節。
5. 有關計畫於宜專一線及翠峰林道所拍攝到之動物路死照片電子檔，可否提供給本處以利未來相關宣導之用？	遵照辦理，即選擇適當或較具代表性之動物道路致死照片電子檔，提供羅東林管處進行參考。
(五)羅東林區管理處 許技佐慧琦	
1. 有關道路致死調查頻率，查連續調查的月份落在4、6、10月份。由於宜專一現與翠峰林道要連結太平山遊樂區，那民眾主要進入的月份會落在觀光旺季（即2、3月或7-9月），而調查月份錯開以上旺季時，可能彙集道路致死的資料會較少，爰建議採民眾主要進入的月份做調查為宜。	敬悉。本計畫於2月份即開始進行調查，2月至4月間道路致死數量、沿線兩棲類與爬行類活動量均甚低。兩棲類與爬行類出現高峰主要在春季以後，2月、3月遊客旺季時為其活動力低之季節，因此較無道路致死壓力。
(六) 新竹林區管理處 鄭技士如珍	

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(8/11)

<p>1. 感謝保育組辦理本計畫，讓治山工作人員由過往以人為保全對象之觀念，將動物保護觀念納入新思維。本計畫預定於 102 年度提出改善措施細部設計，惟大部分的林道復建工程將陸續於 101 年底進行規劃設計，尤其蘇拉颱風過後幾條林道受創嚴重(如桶后林道)，局裡亦投入相當經費辦理復建，為了於年底本處桶后林道辦理設計作業時，能將動物廊道或保護措施納入設計考量，建議主辦單位能否先行提供桶后林道路致死熱點處之相關改善措施工程細部設計圖說，俾供參考使用。</p>	<p>敬悉，將配合 貴局及新竹林管處辦理之會議與現勘作業，會同工程設計單位一併討論並提供相關意見。</p>
<p>2. 對於熱點區域其設置紅外線自動相機之可行性及對道路致死的瞭解，是不是能收集到更多資訊。</p>	<p>敬悉，考量兩棲類與爬行類為外溫動物，一般紅外線自動相機對其偵測能力較弱，未來配合道路致死熱點調查及改善作業之設計，於適當地點(如通道內側)配合設置適當之監視設備。</p>
<p>3. 未來若道路致死由各處同仁或清潔人員執行，日後的教育訓練及資料辨視窗口建議統一處理。</p>	<p>敬悉，將與主辦單位商議相關配合事宜。</p>
<p>(七)東勢林區管理處 何技士伊喬</p>	
<p>1. 針對 P.87 大雪山林道致死數目最多的原因，補充說明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 是否因大雪山林道路況較佳，使車速較快而增加動物路死情形。</li> <li>● 今年度颱風對於大雪山地區的影響較小，所以園區封園時間較短暫。</li> </ul>	<p>敬悉，大雪山林道致死數量較多的原因於報告中有相關說明，主要原因包括今年調查期間各林道以大雪山林道受風災影響最小，此外大雪山林道長度較長且未管制路段長度較長等，但以道路等級和路況來看，大雪山林道路況和等級均與宜專一線接近，可能不是主要影響因子。</p>
<p>2. 針對 P.87 動物致死密度估算，建議將大雪山林道在細分為國有林班地內-外?</p>	<p>遵照辦理，已於表 5.2.1-2 增加大雪山林道林班地內與外之道路致死密度估算結果。</p>
<p>3. 針對 P.100 各林道活體動物紀錄，大雪山林道民眾餵食的地點為 23.5K、35K、47K，同仁有進行勸導的工作，另鞍馬山工作站同仁於 36.7K 目擊一隻亞成年黑熊快速穿越林道，另 50K 亦有遊客目擊黑熊。</p>	<p>感謝提供相關訊息。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」

期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(9/11)

4. 大雪山林道與陽明山國家公園之比較，是否與調查次數多寡有關。	敬悉，道路致死密度計算單位為平均每次每公里發現數量，因此數值與調查次數多寡無關。
5. 12月開始為大雪山賞楓季節，會請遊樂區發布新聞稿時一併宣導。	敬悉。
(八) 南投林區管理處 莊技佐家續	
1. 附錄九的民眾參與調查表格(問卷)，回收率偏低，未來有無精進作法?	敬悉，林道道路致死資料的持續收集可幫助瞭解道路致死課題，相關宣導工作執行則可讓遊客瞭解並重視此一課題，因此本計畫第一年初步進行遊客宣導與參與的試驗，已於報告中建議林務局和林管處可主動利用現有軟硬體進行遊客宣導。
2. 夜間行車時，擋風玻璃上會有諸多蝶蛾昆蟲屍體，對照附錄八的data，未來可否增加昆蟲類的致死調查?	敬悉。本計畫主要調查目標為鳥類、哺乳類、兩棲類與爬蟲類，本年度調查執行時亦有記錄部份大型昆蟲路死資料，目前並未發現可能有嚴重大型昆蟲路死課題的路段，因此第二年仍將以原設定目標類群及已知敏感物種和路段為主要調查對象。
(九) 嘉義林區管理處 陳技士彥伶	
1. 根據調查成果，林道中道路致死動物主要以兩棲爬蟲類為主，報告中提及季節差異，清晨黃昏較高，可考慮針對特殊物種及熱點，評估一天活動的情形，可作為管制時間擬定的參考，亦可評估目前管制時間減少道路致死的情形。	感謝指教。目前本計畫主要目標物種梭德氏赤蛙已有研究報告及民間觀察紀錄指出其道路致死發生較高峰的季節，以及一天當中主要發生的時刻，將納入本計畫建議中。後續仍將持續注意相關資訊並作為建議管制時間之參考。
2. 因為道路致死的資料中兩棲類較高，路燈是否會影響兩棲道路致死熱點分布。	敬悉。本計畫調查林道路段大多未設置路燈，因此分析時並未將路燈影響納入考量，第二年計畫即會將熱點路段周圍是否有照明光源納入熱點分析參考。
(十) 屏東林區管理處 楊技士中月	

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
 期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(10/11)

<p>1. 第 10 頁提及「在日本研究發現『國家級尺度下道路』致死數量及交通量呈現正相關..」，其中『國家級尺度下道路』的定義或代表意義為何，是指寬度、鋪面或單位時間內車流量?是否能夠予以說明。</p>	<p>敬悉。該研究主要內容為蒐集日本國內不同等級道路(國道、高速公路、縣道、街道)上的浣熊道路致死被記錄的數量，並與發現道路致死位置的道路長度、年交通量(車輛數*公里/年)進行比較。已針對報告內文說明進行調整，俾使語意表達能較為清晰，請詳報告 p.8 與 p.9 之相關內容。</p>
<p>2. 第 140 頁建議措施，在「有通過道路之需求」及「無通過道路之需求」均提到導引圍籬設置，因報告書中無圖樣說明，不知兩者是否相同或有差異，不知是否可以在報告書納入圖樣說明(如：以縱剖面圖示，與道路連結角度、高度等)。</p>	<p>敬悉，設置導引圍籬主要目的為阻擋動物侵入道路並導引動物至適當且安全的地點或通道，而此處所謂有無通過道路需求則是指動物是否必須穿越道路才能達成其生活或繁衍後代的目的，其差異主要在於是否需要設置通道提供動物穿越，若動物必須穿越道路，則應設置通道提供其安全穿越的路徑，反之則可以僅設置導引圍籬避免其親入道路發生路死情形。導引圍籬的設計主要應考量現地狀況以及目標物種大小和習性等因素，並無適用各類環境與物種的標準設計，附錄十一有整理國道及綠島環島公路採用的導引圍籬照片供參考。</p>
<p>3. 附錄十 各單位救傷資料，「高雄市政府農業局生態保育畜牧科」請更正為「高雄市政府農業局植物防疫及生態保育科」，地址請一併更正成「高雄市鳳山區」。「高雄縣動物防疫所」請更正為「高雄市動物保護處」地址亦請一併更正。</p>	<p>遵照辦理，已更正相關資料，請詳附錄十二。</p>
<p>(十一) 台東林區管理處 賴技士欣怡</p>	
<p>1. 錯字請更正：P.16 加拿大網路互動道路「堪」察系統與教育，請更正為「勘」；P.57「連」外道路，請更正為「聯」。</p>	<p>遵照辦理，已更正相關錯別字。</p>
<p>2. 附錄十「台東縣林保科電話」及「動物防疫所電話」請更正。</p>	<p>遵照辦理，已更正相關資料，請詳附錄十二。</p>

「國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討」  
 期末審查會議結論及與會意見辦理情形說明(11/11)

<p>3. P.141 建議中提及利用現有（既有人員）進行調查，以台東利嘉林道的案例，在地有社區巡守隊，NGO 長期在當地作觀察及調查，是否可請觀察家協助提供道路致死調查的表格，可提供本處在自主調查及社區參與調查工作上之參考。</p>	<p>遵照辦理，即提供本案調查使用表格如附錄十所示。</p>
<p>4. P.142 建議在處理道路致死資料累積時，考量結合既有之生態資料庫進行。可否再詳細說明。另外，也會涉及到資料的欄目項，會再回饋到原始表格，該收集哪些項目。</p>	<p>敬悉，道路致死調查的表格和欄位請參考附錄十，建置資料庫是系統性累積和管理道路致死資料的方式，可達到資料分析和展示等目的，而與既有資料庫結合則可有效節省建置所需成本，並擴充資料庫功能。</p>
<p>(十二) 花蓮林區管理處 江技佐彥德</p>	
<p>1. 轄區內林道非景點經過之處，車輛進出林道較少，林道影響動物致死情形較少；無其他意見。</p>	<p>感謝提供相關訊息。</p>

## 附錄十四 歷次會議簡報資料





行政院農業委員會林務局

## 國有林班地區野生動物道路致死調查及改善對策探討

第一次工作坊簡報

觀察家生態顧問有限公司

101年2月

### 簡報大綱

- 一、計畫緣起、目的及工作項目
- 二、計畫背景、課題認知與對策研擬
- 三、工作執行
- 四、初步成果
- ◆ 林道篩選方式與結果
- ◆ 調查方法與頻率
- ◆ 初步成果

### 第一次工作坊議程

- 13:30-13:35 主席致詞
- 13:35-14:00 觀察家生態顧問公司簡報
- 14:00-15:30 專家顧問提供意見與討論
- 15:30-15:45 臨時動議

2

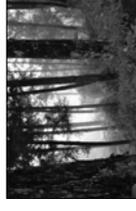
### 一、計畫緣起及目的

林務局所林班地面積約有150萬公頃，具各類豐富自然環境和高度多樣性，有多處自然保留區、野生動物保護區和重要棲息環境。

部分自然保護區域周邊或森林遊樂區是重要的觀光遊憩據點，因而相關之離外道路、行駛車輛和遊客均可能對野生動植物產生衝擊。

野生動物(哺乳類、鳥類、兩棲類和爬蟲類)的道路致死問題(Roadkill)，已成為先進國家道路工程單位極為重視的課題。

- 大尺度的敏感度評估，建立先期評估模式
- 調查野生動物道路致死及周邊排水設施課題
- 提出並執行改善減輕的相關對策
- 擬定國有林班地區內野生動物道路及周邊排水設施致死課題調查及改善機制原則



1

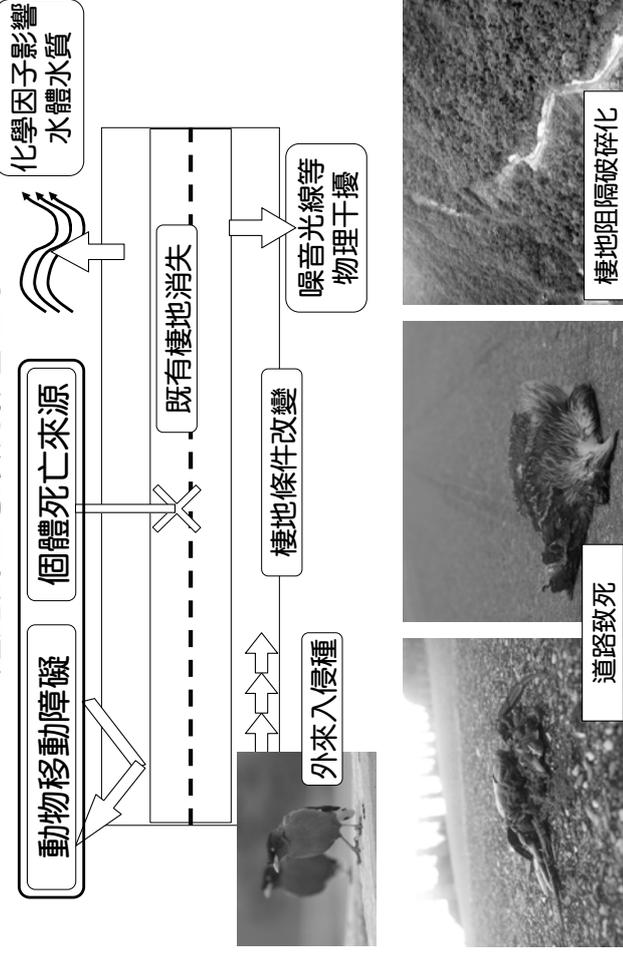
3

## 一、計畫工作項目

- 1 國內外野生動物道路及周邊排水設施致死相關文獻與案例蒐集
- 2 評估國有林班地區域內野生動物道路及周邊排水設施致死潛在敏感程度
- 3 國有林班地區域野生動物道路及周邊排水設施致死現況調查與課題分析
- 4 研擬國有林班地區域野生動物道路致死課題改善對策
- 5 野生動物道路致死課題工作坊
- 6 國有林班地區域內野生動物道路致死潛在敏感程度評估檢討修訂
- 7 國有林班地區域野生動物道路致死課題分析
- 8 山區道路結構與野生動物道路致死關聯性探討
- 9 國有林班地區域內野生動物道路致死課題調查及改善機制初擬
- 10 建構並完成一處動物道路致死改善措施示範地點

## 二、計畫背景、課題分析與對策研擬

### 道路對生態環境影響因子



## 二、計畫背景、課題分析與對策研擬

提升切割棲地間連結  
通透程度為主要目標

From Clevenger & Huijiser, 2011

林班地路網複雜密集  
包含類型與範圍廣泛

進行大尺度地景分析  
棲地連結納入評估

結合GIS與路死紀錄  
評估改善措施設置

From Clevenger & Huijiser, 2011

缺乏系統性路死資料  
多為民間觀察紀錄

以實際應用為前提建立  
並檢討改善評估模式

## 二、計畫背景、課題分析與對策研擬

優先考量敏感物種

From Huijiser et al., 2011

目標物種尚待釐清

現地調查配合  
既有敏感物種資訊

強調調查資料正確性  
監測與維護重要性

國內既有研究案例不足

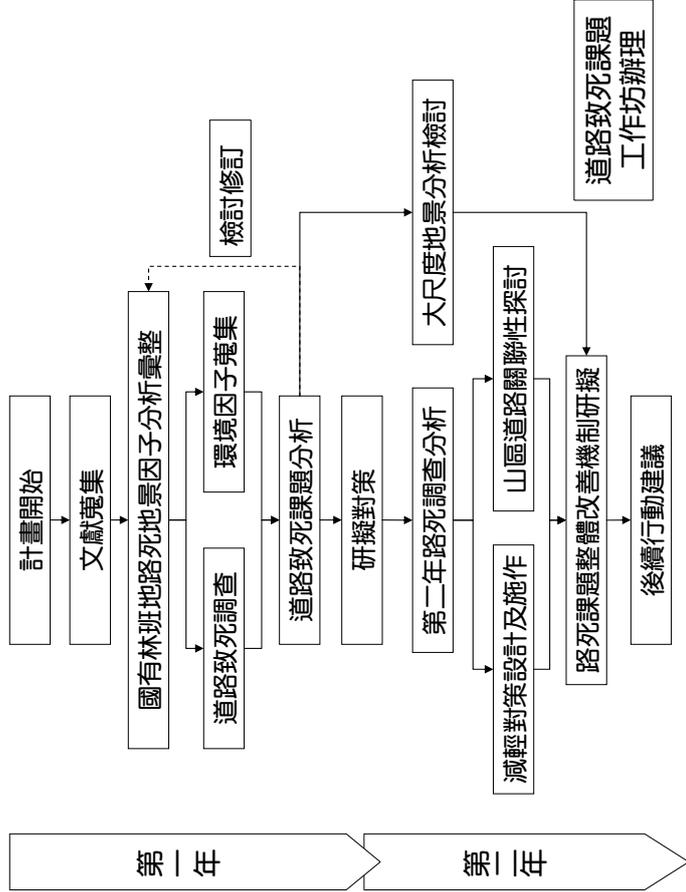
建立改善評估機制與  
作業流程供後續參考

重繪自 Chamberlain, 2006

台26線毛足圓盤蟹發生車禍暨生態廊道技術之探討
陽明山國家公園野生動物穿越道路涵洞微型生態廊道系統
金門地區動物車禍機車模式實證研究
太平山林道道路對動物影響評估
二高沿線綠塊特性調查與國道計畫環境復育之研究
綠島蟹類生態廊道建置及監測計畫
陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究
高遠公路林內段紫斑蝶通國道保護措施

### 三、工作執行流程

8



### 三、工作執行—文獻蒐集與案例彙整

9

#### 文獻蒐集整種類與方向

WILDLIFE CROSSING STRUCTURE HANDBOOK  
Design and Evaluation in North America  
Publication No. FHWA-CFLTD-11-003  
March 2011



國外文獻



研討會論文

- 國際經驗
- 路死影響因子
- 改善評估流程
- 措施形式建議
- 成效監測重點



國內案例



民間團體觀察

- 國內案例
- 改善執行經驗
- 可能目標物種
- 調查計畫參考
- 維管監測需求

8

### 三、工作執行—國有林班地潛在敏感性評估

10

#### 主要目標

- 提供小尺度調查樣區選選依據
- 提升棲地連結度，改善道路阻隔

#### 國有林班地生態價值確認

- 全臺近4成國土(156萬公頃)
- 中高架拔山區斧斤罕至
- 多處法定生態保護區域
- 豐富保育類物種分布紀錄
- 中央山脈保育廊道

#### 大尺度道路課題現況

- 各級道路分布(總長約9000公里)
- 道路切割棲地(中央山脈保育軸)

#### 國有林班地內道路分布示意

11

### 三、工作執行—國有林班地道路致死潛在敏感性評估

#### 專家顧問意見諮詢

```

    graph TD
      A[圖層資料蒐集] --> B[地景分析單元建立]
      B --> C[套疊圖層釐清生態資源]
      C --> D[評估道路週邊生態敏感性]
      D --> E[評估林班地道路致死課題潛在威脅序位]
  
```

圖層資料蒐集

- 焦點生態資源分布
- 道路系統、河川水系
- 森林棲地破碎度
- 月均溫及雨量分布

地景分析單元建立

- 以水系、道路為地景邊界
- 以生態資源評估潛在威脅

套疊圖層釐清生態資源

- 敏感區域：法定保護區
- 敏感物種：兩棲爬蟲雙度

評估道路週邊生態敏感性

- 範圍：林道周邊1km
- 敏感性：與生態資源交疊程度
- 評估：敏感性高則潛在威脅高

#### 評估林班地道路致死課題潛在威脅序位

10

### 三、工作執行——道路致死調查與課題分析

- 調查對象：哺乳綱、鳥綱、爬蟲綱、兩生綱
- 調查路段：選擇3條林道於林班地內路段
- 調查方法：月調查、週調查、連續調查，記錄路死動物種類、數量、位置及拍照



### 三、工作執行——道路致死調查與課題分析

環境因子蒐集--現勘調查和套疊GIS圖層

**道路型式**

**兩側排水設施**

**道路線型**

**道路結構**

1 路斷	2 路堤	3 半堤半壩	平面
4 半壩	5 半堤	6 壩	平面

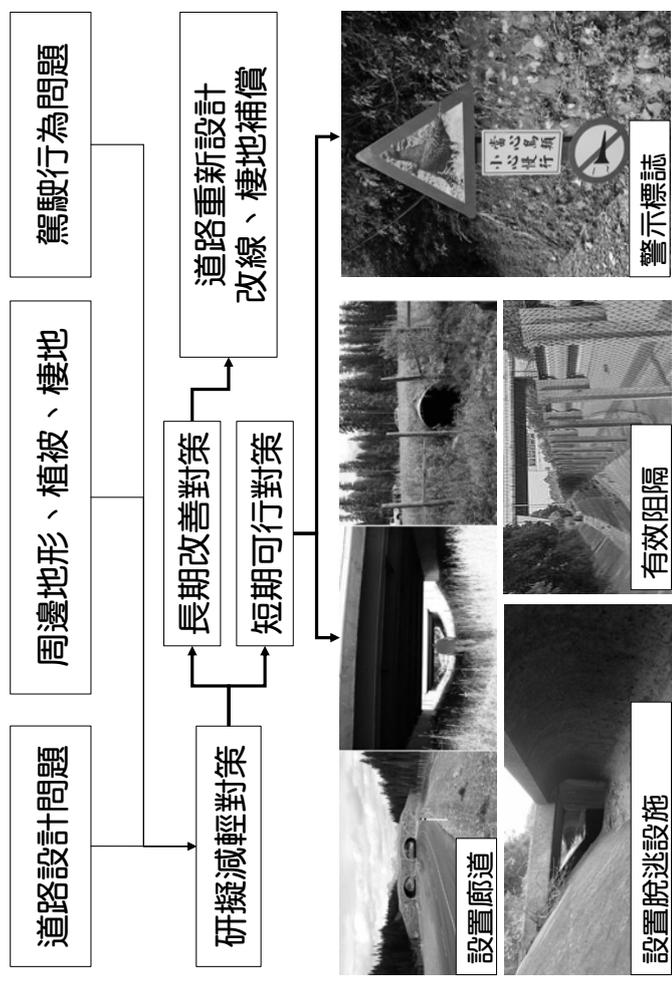
**道路兩側50公尺樓地類型形式**

海拔、坡向、坡度等其他因子

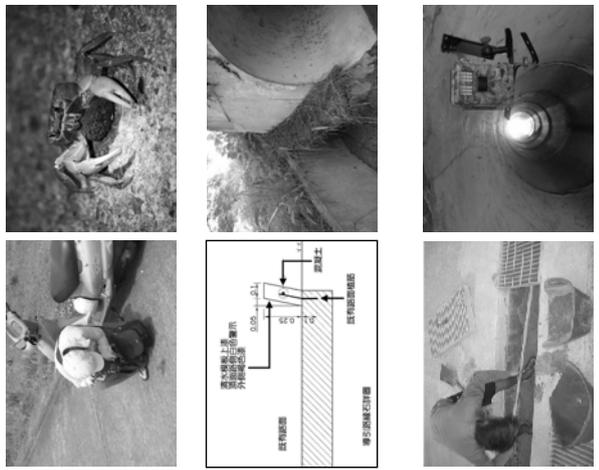
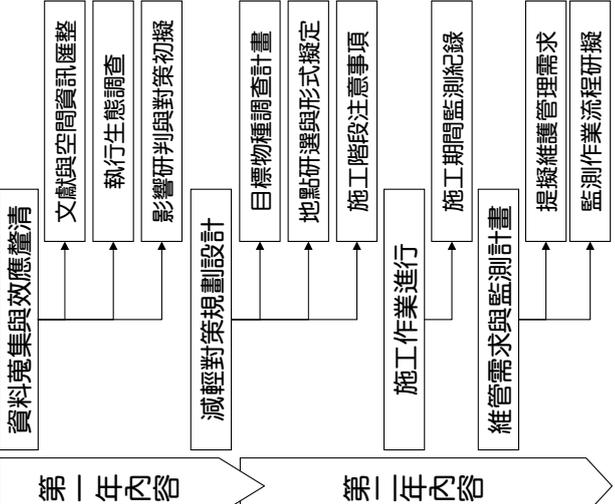
### 三、工作執行——道路致死調查與課題分析

- 道路致死敏感物種
  - 保育類動物
  - 中大型動物
  - 族群密度低、壽命長、繁殖率低、領域大的物種
- 道路致死敏感路段
  - 國道3號哺乳動物致死熱點分析
    - 紅色為道路致死密度最高的單元
    - 黃色為道路致死次之的單元
  - 綠島環島公路致死熱點分析
    - 紅色與綠色分別代表不同年份的道路致死點位
- 分析道路設計、環境因子對道路致死密度影響。

### 三、工作執行——研擬道路致死課題改善對策



### 三、工作執行—道路致死改善措施建置

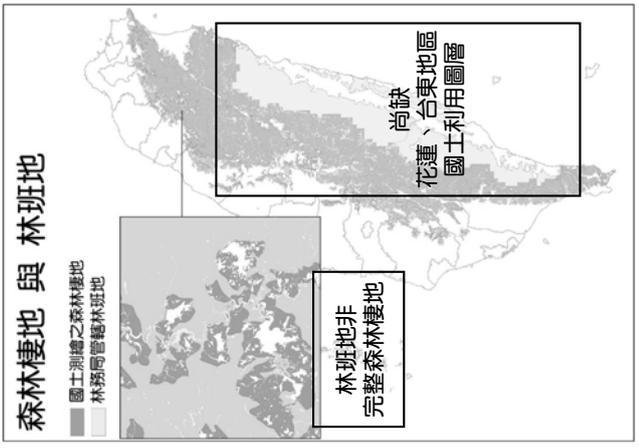
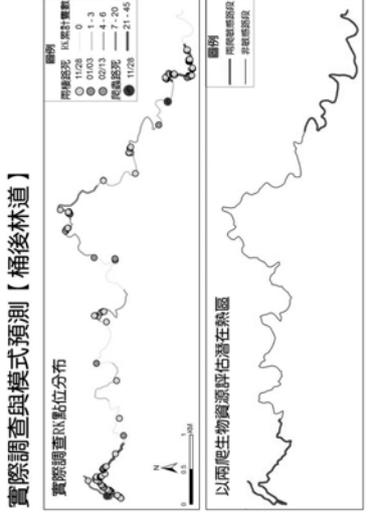


### 四、初步成果

#### 國有林班地道路致死潛在敏感性評估

- 破碎化分析
  - ◆ 林班地非森林自然疆界
  - ◆ 破碎化分析需完整森林棲地
- 分析潛在敏感性與實際路死相關性

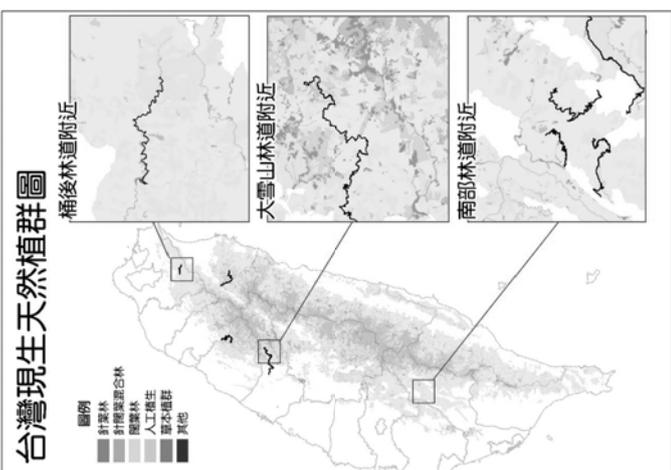
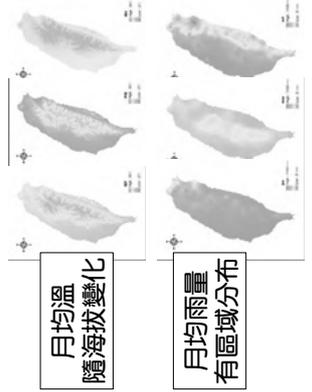
需國土測繪中心之  
【國土利用調查成果圖層】



### 國有林班地道路致死潛在敏感性評估

#### 地景分析的後續進度

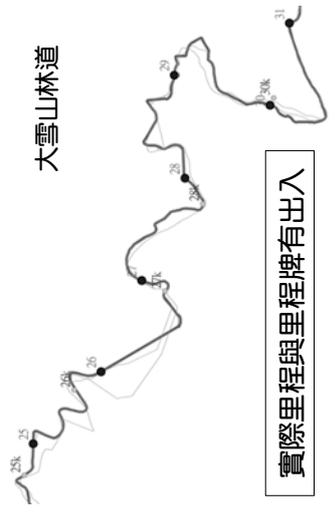
- 焦點物種分布潛勢分析
  - ◆ 兩棲爬蟲為林道路致死敏感物種
  - ◆ 物種分布預測：受棲地與微氣候限制，且與季節有關
  - ◆ 預計需要圖層：
    - 棲地 - 天然植群圖
    - 氣候 - 溫度與雨量月變化圖



### 國有林班地道路致死潛在敏感性評估

#### 地景分析待釐清資料

- 需道路相關資訊
  - ◆ 車流量統計
  - ◆ 路寬
  - ◆ 道路形式與排水結構
- 調查面臨的資訊誤差



#### 實際道路與圖資有落差



### 四、初步成果

#### 林道篩選方式和篩選結果

林道因子	條件	處理方式
林道位於林班地內長度	林班地內長度不足5公里	排除不選
林道管制情形	需申請甲種入山證才准進入	排除不選
林道管制情形	非公務車不得進入	排除不選
林道現況	因天災而封閉或管制(林班地範圍內未管制路段不足5公里)	排除不選
林道現況	目前路況不佳(林班地範圍內可通行四輪車量路段長度不足5公里)	排除不選
林道鋪面狀況	林班地範圍內林道硬鋪面(柏油或水泥)路段總長度不足5公里	排除不選
林道沿線景點	林道通過森林遊樂區或知名景點	優先選擇
林道鋪面狀況	林道柏油鋪面長度超過5公里	優先選擇

#### 林道篩選方式和結果——林班地內長度



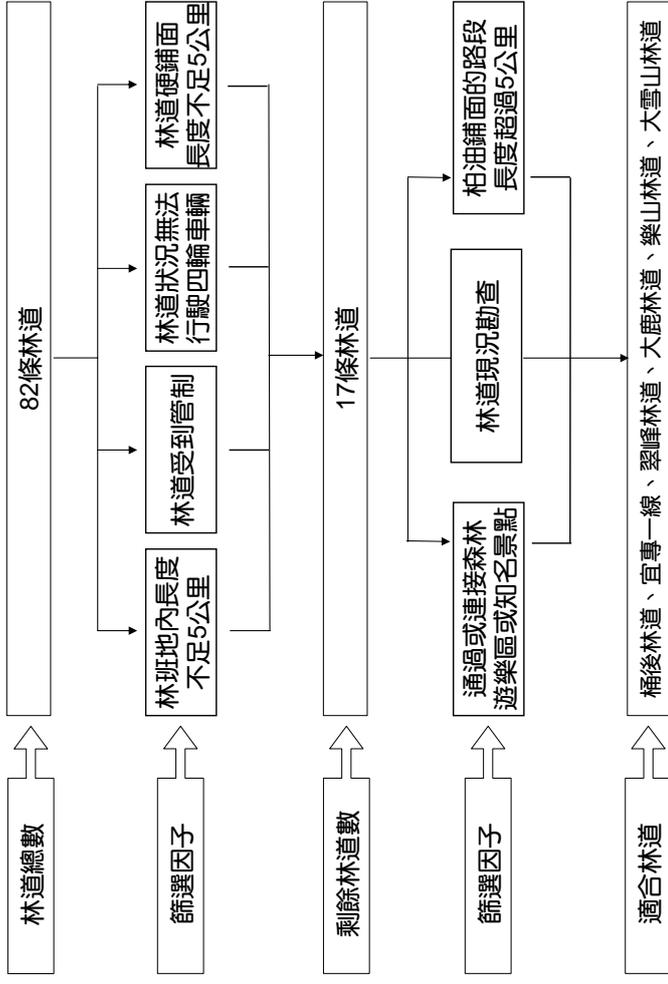
- 林道位於林班地範圍內路段長度在5公里以下者。  
→ 林道長度不足不易收集完整資料。  
(選擇之道路與兩側環境需均由林務局管轄)

篩選掉22條林道

桶後林道	連觀山林道	東眼山林道	大鹿林道本線	大鹿林道東線	司馬限林道	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大坪林道	大湖林道	大湖溪林道	水田林道
東河林道	蓮葉林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道	大雪山林道神木支線	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶽林道	麻必浩林道	八仙山苗圃林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	人倫林道	奧萬大斷外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	武界林道	尖台林道	白毛山林道
祈山林道	楠溪林道	焙仔桶林道	梅蘭林道	湖頭林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美羅山林道	來義林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	扇平林道	五指霧林道	大漢林道	延平林道	錦屏林道	紅石林道
知本林道	利嘉林道	霧鹿林道	西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道
中平林道	長良林道	宜專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道		

篩選後留下的林道 | 篩選後刪除的林道

#### 林道篩選方式和結果——篩選流程



#### 林道篩選方式和結果——林道是否管制



- 需申請甲種入山證才能進入。
- 基於生態保育、森林保育、礦業開採或是先前曾經崩塌而有安全性考量而進行管制。  
(未管制路段位於林班地內長度在5公里以上者則不予排除)

篩選掉22條林道

桶後林道	連觀山林道	東眼山林道	大鹿林道本線	大鹿林道東線	司馬限林道	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大坪林道	大湖林道	大湖溪林道	水田林道
東河林道	蓮葉林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道	大雪山林道神木支線	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶽林道	麻必浩林道	八仙山苗圃林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	人倫林道	奧萬大斷外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	武界林道	尖台林道	白毛山林道
祈山林道	楠溪林道	焙仔桶林道	梅蘭林道	湖頭林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美羅山林道	來義林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	扇平林道	五指霧林道	大漢林道	延平林道	錦屏林道	紅石林道
知本林道	利嘉林道	霧鹿林道	西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道
中平林道	長良林道	宜專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道		

篩選後留下的林道 | 篩選後刪除的林道

### 林道篩選方式和結果—林道現況是否可行駛四輪車輛



- 因近期天災(颱風、地震)造成坍方而由林務局公告封閉或管制車輛進入的林道。
- 部份林道曾經崩塌而近期路況不佳或無法通行四輪車輛者(林班地範圍內可通行路段長度不足5公里)。

#### 篩選掉11條林道

桶後林道	遠觀山林道	東眼山林道	大鹿林道卓線	司馬限林道	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大湖林道	大湖溪林道	水田林道
東河林道	蓬萊林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道神木支線	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶺林道	麻必浩林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	興舊大斷外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	尖台林道	白毛山林道
祝山林道	楠溪林道	焙仔桶林道	梅翻林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美瓏山林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	扇平林道	五指露林道	大瀨林道	錦屏林道	紅石林道
知本林道	利嘉林道	霧鹿林道	西林林道	光復林道	瑞穗林道
中平林道	長良林道	宜專一線	翠峰林道	和平林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道	

#### 篩選後留下的林道

### 二、林道篩選方式和結果

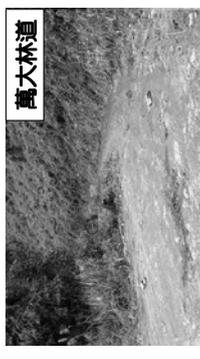
經過篩選過後，剩餘17條林道。

通過或連接森林遊樂區或知名景點。

柏油鋪面的路段長度超過5公里。

桶後林道	大鹿林道本線	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美瓏山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專一線	翠峰林道	萬榮林道
桶後林道	大鹿林道本線	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美瓏山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專一線	翠峰林道	萬榮林道

### 林道篩選方式和結果—林道目前硬鋪面長度



- 碎石或泥土鋪面路段。  
→ 路況較差車流量少且車速通常較慢。  
→ 路面易為植物覆蓋，造成調查困難。  
→ 此類路段兩側通常無混凝土結構的排水設施。

#### 篩選掉42條林道

桶後林道	遠觀山林道	東眼山林道	大鹿林道本線	大鹿林道卓線	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大坪林道	大湖林道	水田林道
東河林道	蓬萊林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶺林道	麻必浩林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	興舊大斷外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	尖台林道	白毛山林道
祝山林道	楠溪林道	焙仔桶林道	梅翻林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美瓏山林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	扇平林道	五指露林道	大瀨林道	錦屏林道	紅石林道
知本林道	利嘉林道	霧鹿林道	西林林道	光復林道	瑞穗林道
中平林道	長良林道	宜專一線	翠峰林道	和平林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道	

#### 篩選後留下的林道

### 二、林道篩選方式和結果

綜合上述因子進行初步評選，82條林道中以桶後林道、大鹿林道本線、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道5條林道為優先調查林道。

進行現地探勘。(共調查23條林道)

選出桶後林道、大鹿林道本線、樂山林道、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道進行第一階段道路致死調查。



## 林道路死調查方法-調查頻率

調查頻度 / 月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10
主調查頻率	每月1次 (1天)	●	●	●	●	●	●	●	●
連續調查	每季1次 (連續4天)		●		●				●
補充調查頻率	每週1次 (1天)			●●●●		●●●●		●●●●	

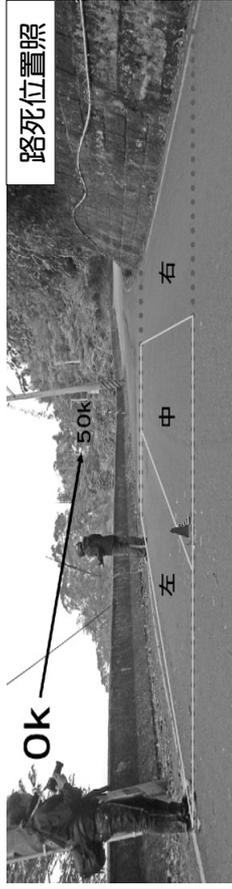
● 1天 ● 連續4天

- 主調查：每月進行1次
- 連續調查：共3次的連續4日調查
  - 分析假日和非假日的車流量的影響
- 補充調查：共3次的每週調查
  - 補充收集路死動物資料



## 林道路死調查方法-現場調查

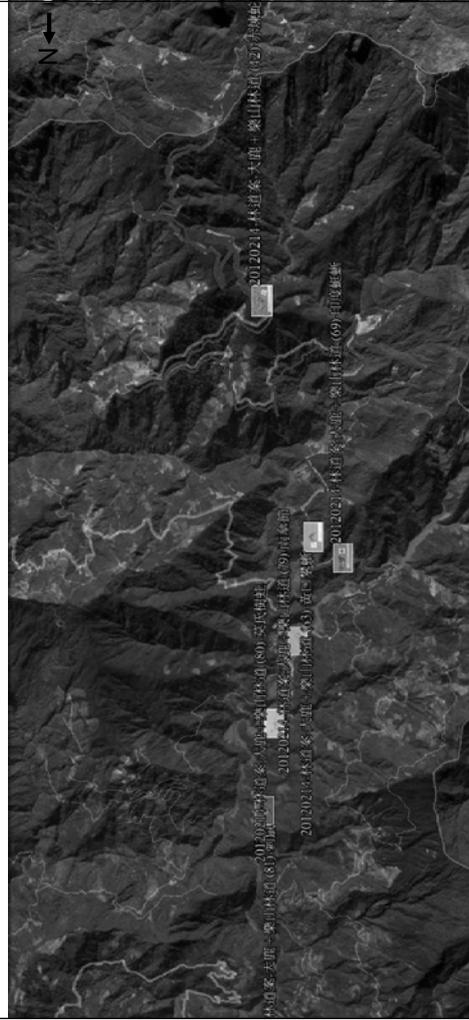
- 白天慢速騎乘機車調查 (20-30km/h)
- 記錄：物種、個體資訊、座標、路死位置、環境、全程航跡、照片
- 屍體移除避免重複記錄，完整屍體捐贈蒐藏研究單位



## 林道路死調查方法-資料處理

調查結束後

- 相片套量航跡，產出路死動物座標，填寫調查記錄表

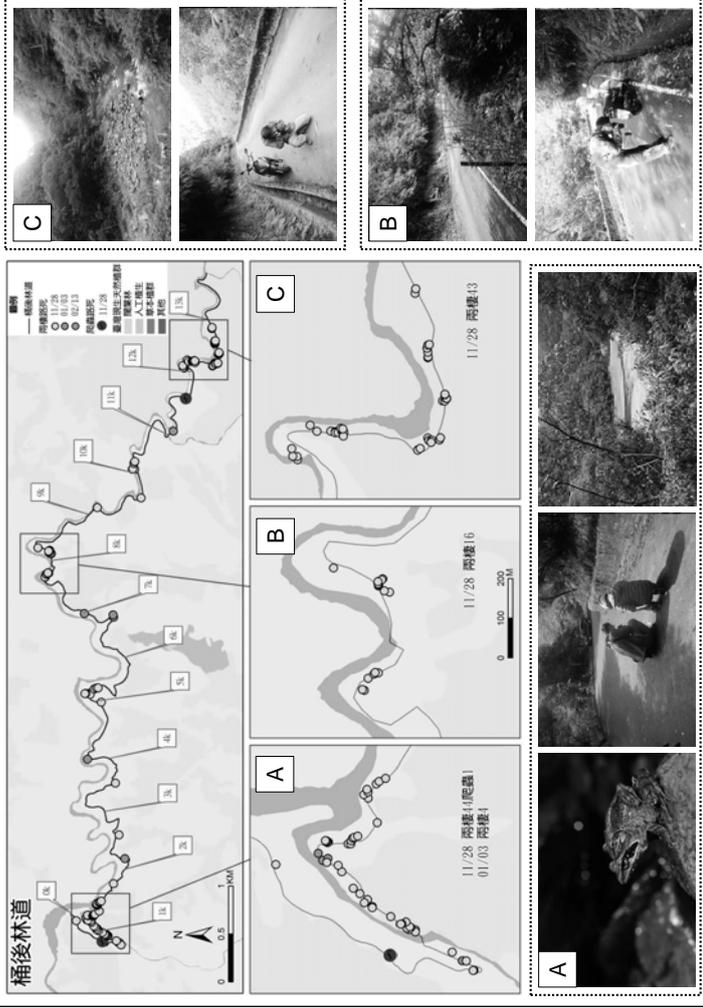


日期	時間	物種	里程	X	Y	座標度
20120213	13:52	烏桕蛙	9.8	284454	2711927	E121 34.000 N24 51.342
20120213	13:52	烏桕蛙	9.8	285602	2711438	E121 37.064 N24 50.893

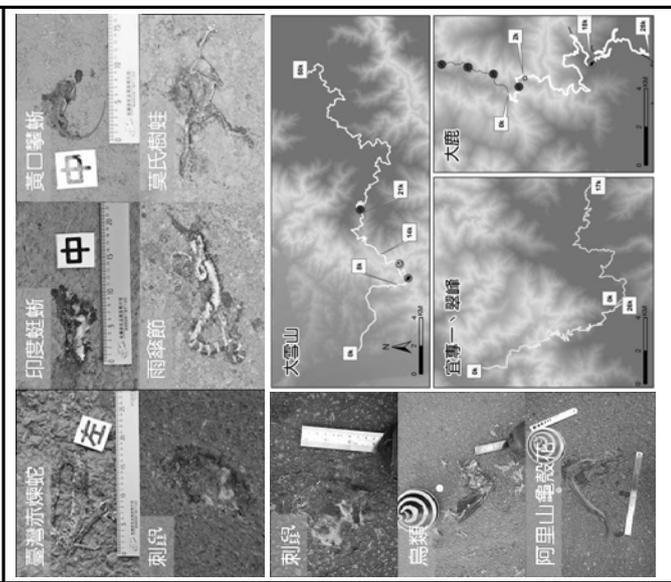
## 各林道初步調查結果

日期	網	種	數量	桶後林道	
				總計	路死動物照片
2011/11/28	兩棲綱	梭德氏赤蛙	29	123	
		拉都希氏赤蛙	1		
		盤古蟾蜍	4		
		未知	87		
(林班地外)	爬行綱	青蛇	1	5	
		白腹游蛇	1		
		拉都希氏赤蛙	1		
2012/01/03	兩棲綱	梭德氏赤蛙	5	10	
		未知	5		
2012/02/13	兩棲綱	烏桕蛙	1	1	
		烏桕蛙	1		
(林班地外)	爬行綱	烏桕蛙	1	1	
		烏桕蛙	1		

#### 四、初步調查結果-桶後林道路死亡位置圖及熱點



#### 路死動物照片及路死位置圖



大鹿林道		網	種	數量	總計
日期	2011/12/28				0
日期	2012/02/14	飛行網	印度蜓蜥	1	3
			黃口攀蜥	1	
			臺灣赤練蛇	1	
(林班地外)		哺乳網	刺鼠	1	3
		兩邊網	莫氏樹蛙	1	
		飛行網	雨傘節	1	
樂山林道		網	種	數量	總計
日期	2011/12/28				0
日期	2012/02/14				0
大雪山林道		網	種	數量	總計
日期	2011/12/23	飛行網	阿里山彎殼花	1	1
(林班地外)		哺乳網	刺鼠	2	3
		鳥網	未知	1	
官導一級		網	種	數量	總計
日期	2012/01/11				0
日期	2012/02/21				0
翠峰林道		網	種	數量	總計
日期	2012/01/11				0
日期	2012/02/21				0

敬請指教





行政院農業委員會林務局

# 國有林班地區野生動物道路致死調查及改善對策探討

## 第二次工作坊

觀察家生態顧問有限公司

101年3月

0

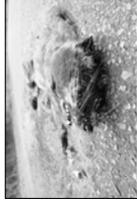
### 一、計畫緣起及目的

林務局所林班地面積約有150萬公頃，具各類豐富自然環境和高度多樣性，有多處自然保留區、野生動物保護區和重要棲息環境。

部分自然保護區域周邊或森林遊樂區是重要的觀光遊憩據點，因而相關之聯外道路、行駛車輛和遊客均可能對野生動植物產生衝擊。

野生動物(哺乳類、鳥類、兩生類和爬蟲類)的道路致死問題(Roadkill)，已成為先進國家道路工程單位極為重視的課題。

- 大尺度的敏感程度評估，建立先期評估模式
- 調查野生動物道路致死及周邊排水設施課題
- 提出並執行改善減輕的相關對策
- 擬定國有林班地區內野生動物道路及周邊排水設施致死課題調查及改善機制原則

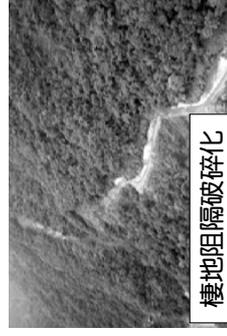
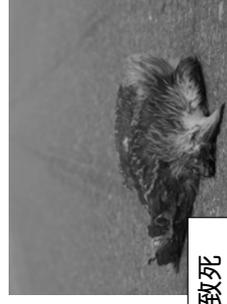
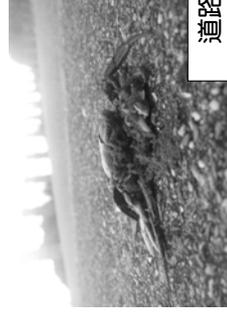
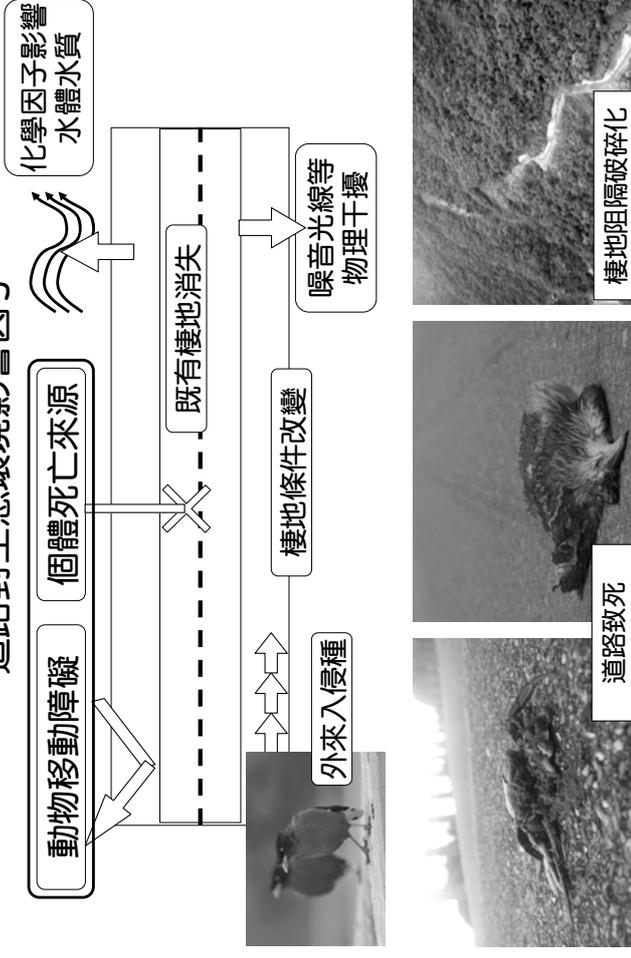


### 一、計畫工作項目

- 1 國內外野生動物道路及周邊排水設施致死相關文獻與案例蒐集
- 2 評估國有林班地區內野生動物道路及周邊排水設施致死潛在敏感程度
- 3 國有林班地區野生動物道路及周邊排水設施致死現況調查與課題分析
- 4 研擬國有林班地區野生動物道路致死課題改善對策
- 5 野生動物道路致死課題工作坊
- 6 國有林班地區內野生動物道路致死潛在敏感程度評估檢討修訂
- 7 國有林班地區野生動物道路致死課題分析
- 8 山區道路結構與野生動物道路致死關聯性探討
- 9 國有林班地區內野生動物道路致死課題調查及改善機制初擬
- 10 建構並完成一處動物道路致死改善措施示範地點

### 二、計畫背景、課題分析與對策研擬

#### 道路對生態環境影響因子



2

1

## 二、計畫背景、課題分析與對策研擬

提升切割棲地間連結  
通透程度為主要目標

From Clevenger & Huijiser, 2011

林班地路網複雜密集  
包含類型與範圍廣泛

進行大尺度地景分析  
棲地連結納入評估

以實際應用為前提建立  
並檢討改善評估模式

結合GIS與路死紀錄  
評估改善措施設置

From Clevenger & Huijiser, 2011

缺乏系統性路死資料  
多為民間觀察紀錄

## 二、計畫背景、課題分析與對策研擬

優先考量敏感物種

From Huijiser et al., 2011

目標物種尚待釐清

現地調查資料配合  
既有敏感物種資訊

建立改善評估機制與  
作業流程供後續參考

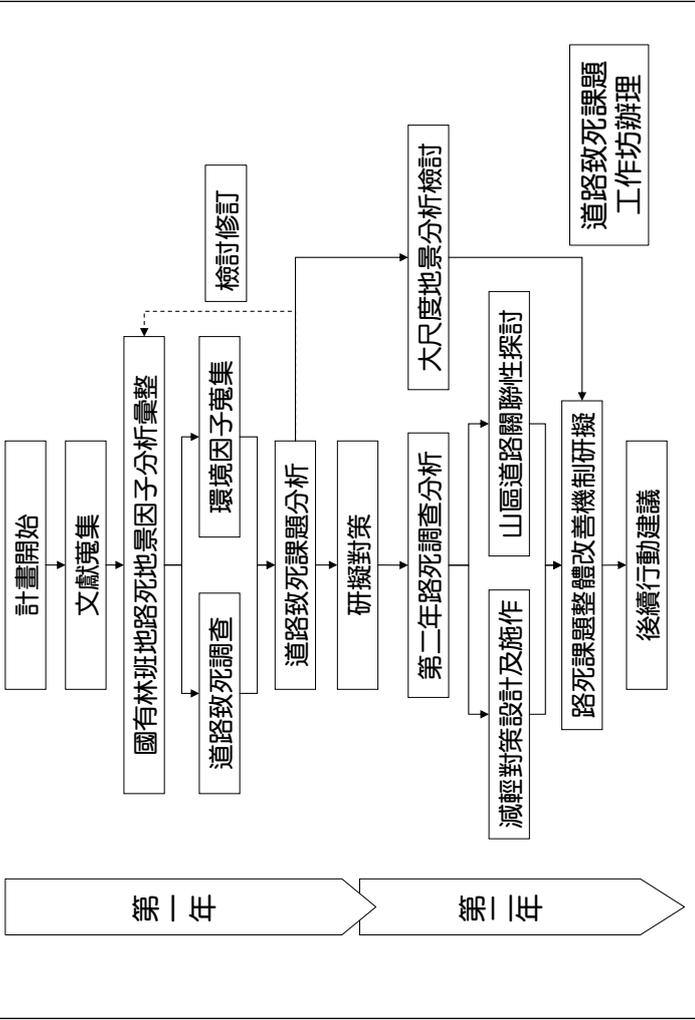
重繪自 Chamberlain, 2006

強調調查資料正確性  
監測與維護管重要性

國內既有研究案例不足

台26線毛足圓盤蟹發生車禍暨生態廊道技術之探討
陽明山國家公園野生動物穿越道路涵洞微型生態廊道系統
金門地區動物車禍機車模式實證研究
太平山林道道路對動物影響評估
二高沿線綠環塊特性調查與國道計畫環塊復育之研究
綠島蟹類生態廊道建置及監測計畫
陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究
高速公路林內段紫斑蝶保護國道保護措施

## 三、工作執行流程



## 三、工作執行—文獻蒐集與案例彙整

文獻蒐集彙整種類與方向

WILDLIFE CROSSING STRUCTURE HANDBOOK  
Design and Evaluation in North America  
Publication No. FHWA-CFLUD-11-003  
March 2011

國際經驗

- 路死影響因子
- 改善評估流程
- 措施形式建議
- 成效監測重點

國外文獻

國內案例

研討會論文

民間團體觀察

### 三、工作執行—國有林班地潛在敏感性評估

#### 主要目標

- 提供小尺度調查樣區選依據
- 提升棲地連結度，改善道路阻隔

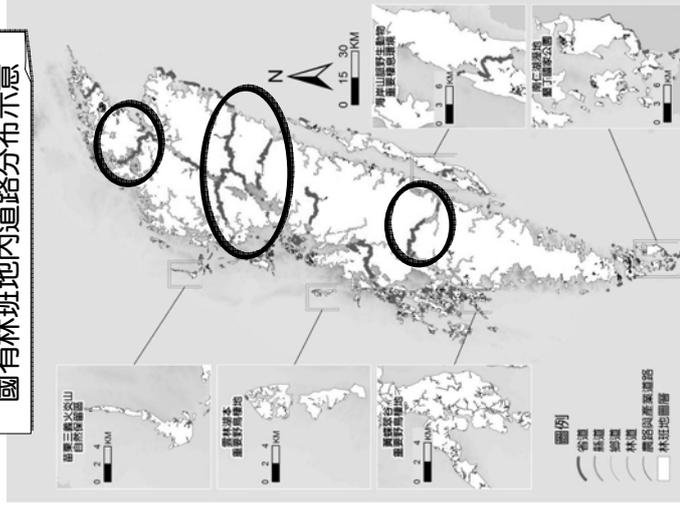
#### 國有林班地生態價值確認

- 全臺近4成國土(156萬公頃)
- 中海拔山區斧斤罕至
- 多處法定生態保護區域
- 豐富保育類物種分布紀錄
- 中央山脈保育廊道

#### 大尺度道路課題現況

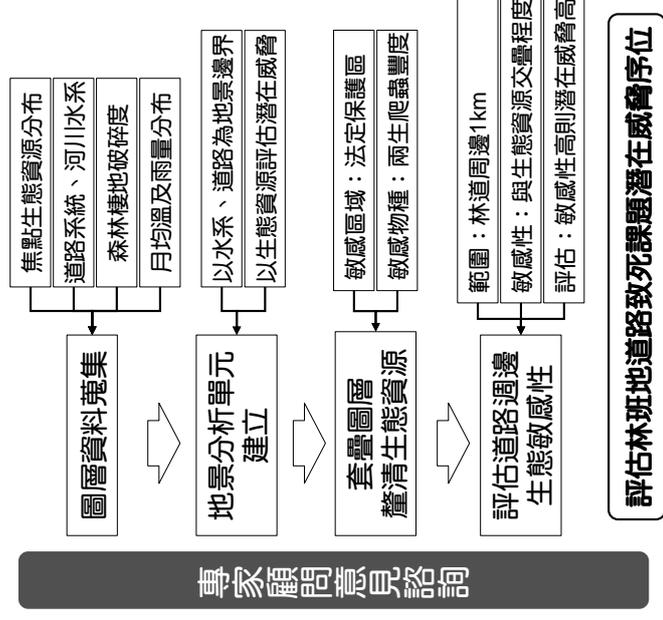
- 各級道路分布(總長約9000公里)
- 道路切割棲地(中央山脈保育軸)

#### 國有林班地內道路分布示意



8

### 三、工作執行—國有林班地道路致死潛在敏感性評估



9

### 三、工作執行—道路致死調查與課題分析

- 調查對象：哺乳綱、鳥綱、爬蟲綱、兩生綱
- 調查路段：選擇3條林道於林班地內路段
- 調查方法：月調查、週調查、連續調查，記錄路死動物種類、數量、位置及拍照



10

### 三、工作執行—道路致死調查與課題分析

#### 環境因子蒐集--現勘調查和套疊GIS圖層

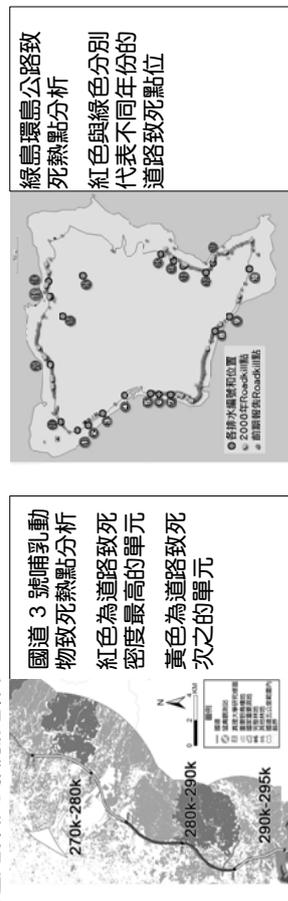
11

### 三、工作執行—道路致死調查與課題分析

#### ● 道路致死敏感物種

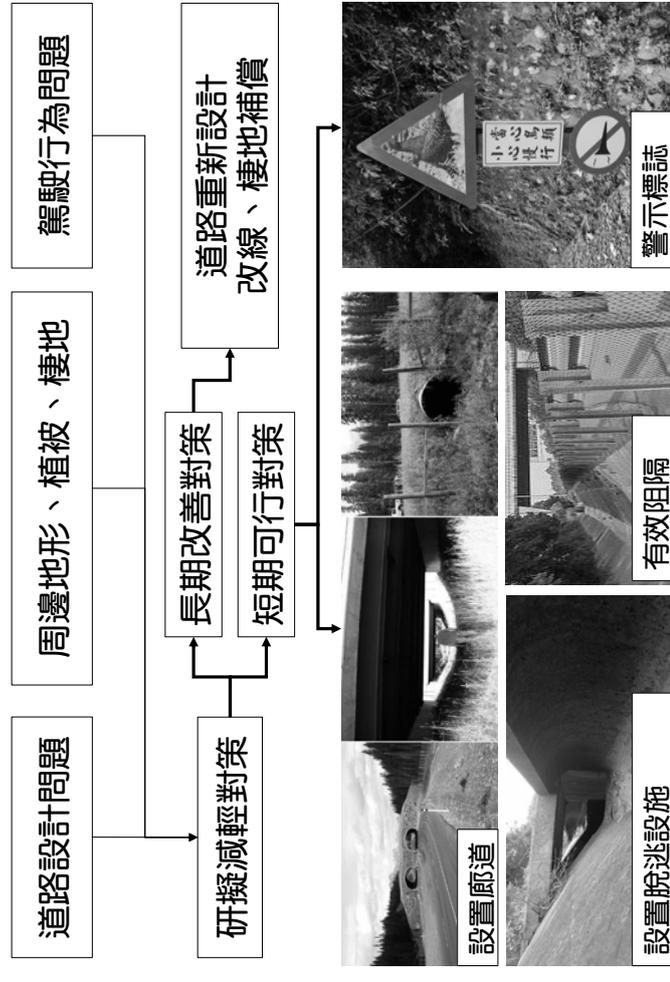


#### ● 道路致死敏感路段

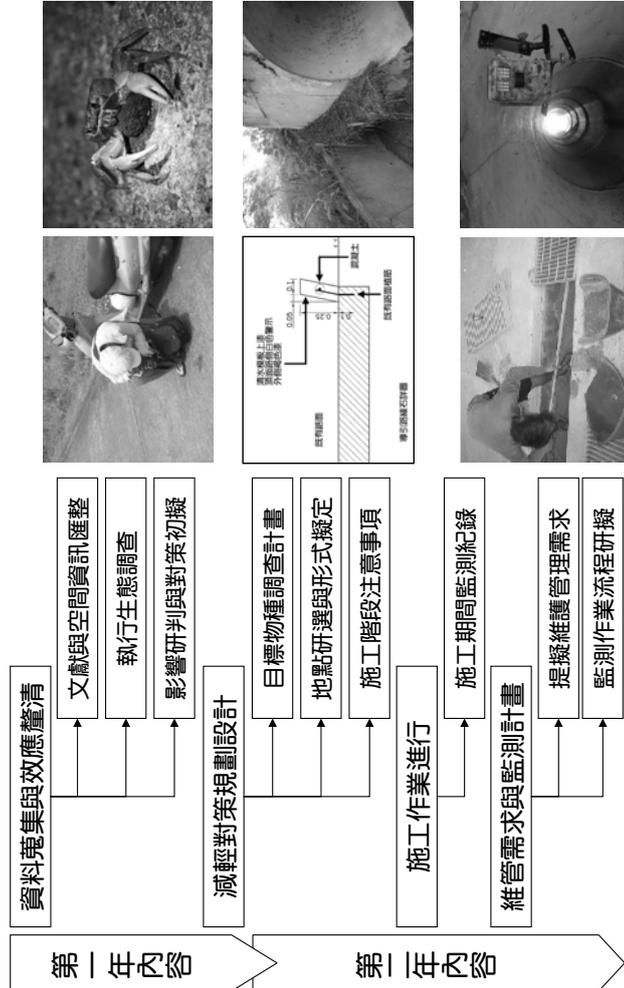


#### ● 分析道路設計、環境因子對道路致死密度影響。

### 三、工作執行—研擬道路致死課題改善對策

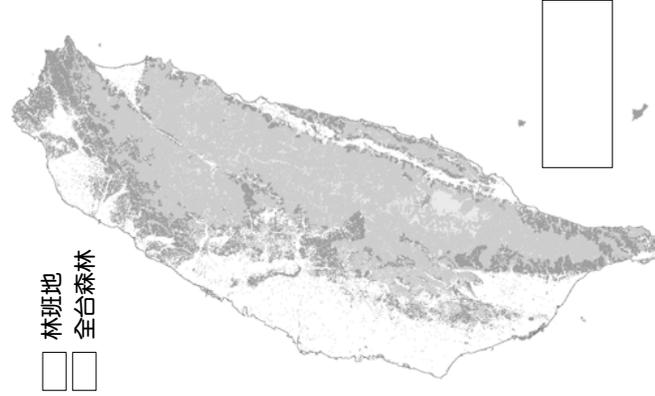


### 三、工作執行—道路致死改善措施建置

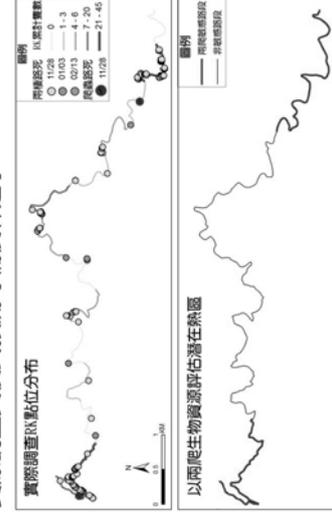


### 四、初步成果 國有林班地道路致死潛在敏感性評估

- 森林破碎化分析
  - ◆ 林班地非森林自然疆界
  - ◆ 以自然森林邊界進行破碎化分析
- 分析潛在敏感性與實際路死相關性



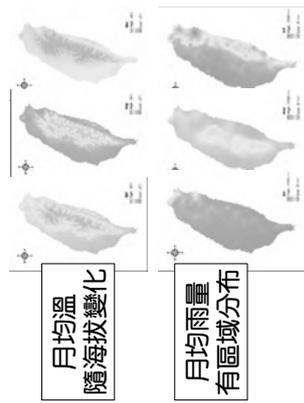
#### 實際調查與模式預測【桶後林道】



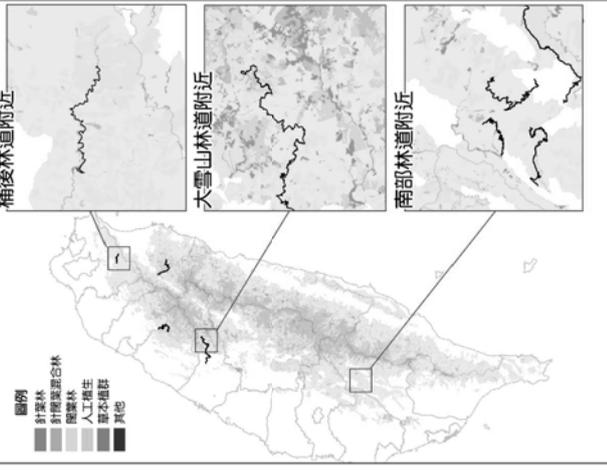
### 國有林班地道路致死潛在敏感性評估

#### 地景分析的後續進度

- 焦點物種分布潛勢分析
  - ◆ 兩生爬蟲為林道路致死敏感物種
  - ◆ 物種分布預測：受棲地與微氣候限制，且與季節有關
  - ◆ 預計需要圖層：
    - 棲地 - 天然植群圖
    - 氣候 - 溫度與雨量月變化圖

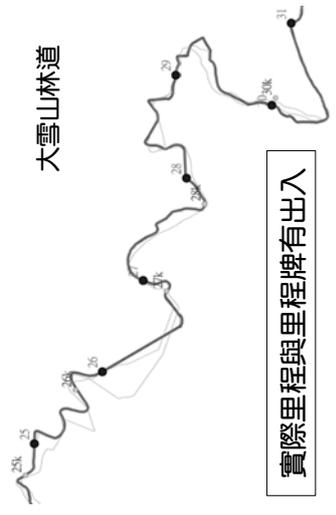


#### 台灣現生天然植群圖



#### 地景分析待釐清資料

- 需道路相關資訊
  - ◆ 車流量統計
  - ◆ 路寬
  - ◆ 道路形式與排水結構
- 調查面臨的資訊誤差



#### 實際道路與圖資有落差



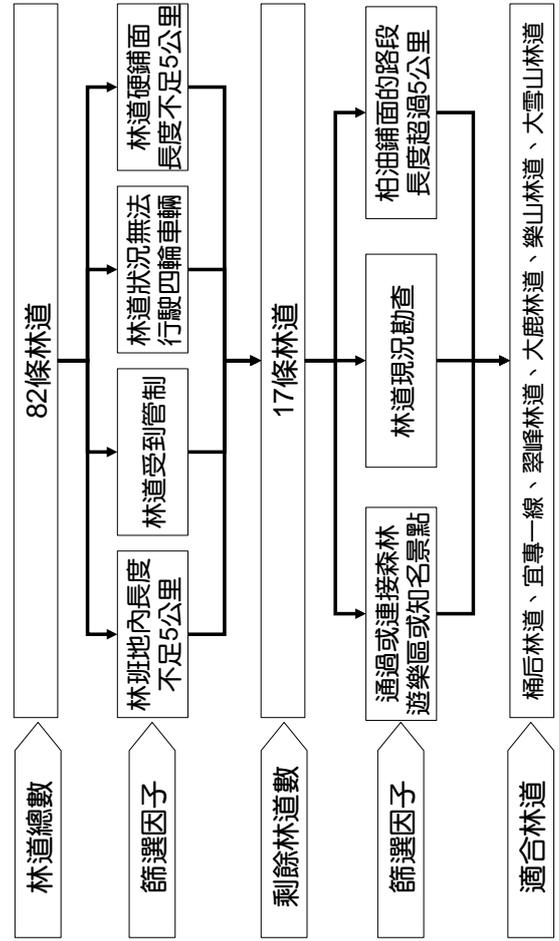
### 國有林班地道路致死潛在敏感性評估

### 四、初步成果

#### 林道篩選方式和篩選結果

林道因子	條件	處理方式
林道位於林班地內長度	林班地內長度不足5公里	排除不選
林道管制情形	需申請甲種入山證才准進入	排除不選
林道管制情形	非公務車不得進入	排除不選
林道現況	因天災而封閉或管制(林班地範圍內未管制路段不足5公里)	排除不選
林道現況	目前路況不佳(林班地範圍內可通行四輪車量路段長度不足5公里)	排除不選
林道鋪面狀況	林班地範圍內林道硬鋪面(柏油或水泥)路段總長度不足5公里	排除不選
林道沿線景點	林道通過森林遊樂區或知名景點	優先選擇
林道鋪面狀況	林道柏油鋪面長度超過5公里	優先選擇

#### 林道篩選方式和結果—篩選流程



## 林道篩選方式和結果—新竹處

桶后林道 羅山林道下線 大湖溪林道	遠觀山林道 羅山林道上線 水田林道	東眼山林道 八卦力林道 東河林道	大鹿林道本線 內河林道 蓬萊林道	大鹿林道東線 大坪林道 樂山林道	司馬限林道 大湖林道
桶后林道 羅山林道下線 大湖溪林道	遠觀山林道 羅山林道上線 水田林道	東眼山林道 八卦力林道 東河林道	大鹿林道本線 內河林道 蓬萊林道	大鹿林道東線 大坪林道 樂山林道	司馬限林道 大湖林道
桶后林道 羅山林道下線 大湖溪林道	遠觀山林道 羅山林道上線 水田林道	東眼山林道 八卦力林道 東河林道	大鹿林道本線 內河林道 蓬萊林道	大鹿林道東線 大坪林道 樂山林道	司馬限林道 大湖林道

林班地內長度  
不足5公里

林道受到管制

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道

桶后林道

大鹿林道本線

樂山林道

## 林道篩選方式和結果—東勢處

八仙山林道 摩天嶺林道 平石山林道	大雪山林道 麻必浩林道 烏石坑林道	大雪山林道神木支線 八仙山苗圃林道	出雲山林道 西勢山林道	觀音山林道 裡冷林道	雪山坑林道 船型山林道
八仙山林道 摩天嶺林道 平石山林道	大雪山林道 麻必浩林道 烏石坑林道	大雪山林道神木支線 八仙山苗圃林道	出雲山林道 西勢山林道	觀音山林道 裡冷林道	雪山坑林道 船型山林道
八仙山林道 摩天嶺林道 平石山林道	大雪山林道 麻必浩林道 烏石坑林道	大雪山林道神木支線 八仙山苗圃林道	出雲山林道 西勢山林道	觀音山林道 裡冷林道	雪山坑林道 船型山林道

林班地內長度  
不足5公里

林道受到管制

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道

大雪山林道

裡冷林道

烏石坑林道

## 林道篩選方式和結果—南投處

郡大林道 阿冷坑林道	人倫林道 長興林道	奧萬大聯外道路 武界林道	卓社林道 尖台林道	雙龍林道 白毛山林道	萬大林道
郡大林道 阿冷坑林道	人倫林道 長興林道	奧萬大聯外道路 武界林道	卓社林道 尖台林道	雙龍林道 白毛山林道	萬大林道
郡大林道 阿冷坑林道	人倫林道 長興林道	奧萬大聯外道路 武界林道	卓社林道 尖台林道	雙龍林道 白毛山林道	萬大林道

林班地內長度  
不足5公里

林道受到管制

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道

阿冷坑林道

長興林道

## 林道篩選方式和結果—嘉義處

祝山林道 祝山林道	楠溪林道 楠溪林道	焙仔桶林道 焙仔桶林道	梅蘭林道 梅蘭林道	瀨頭林道 瀨頭林道	南山林道
祝山林道 祝山林道	楠溪林道 楠溪林道	焙仔桶林道 焙仔桶林道	梅蘭林道 梅蘭林道	瀨頭林道 瀨頭林道	南山林道
祝山林道 祝山林道	楠溪林道 楠溪林道	焙仔桶林道 焙仔桶林道	梅蘭林道 梅蘭林道	瀨頭林道 瀨頭林道	南山林道

林班地內長度  
不足5公里

林道受到管制

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道

依4項條件研判嘉義處所轄林道予以排除

### 林道篩選方式和結果—屏東處

藤枝林道	壽卡林道	雲山林道	高中林道	美瓏山林道	來義林道
沙溪林道	石山林道	三民林道	扇平林道	五指霧林道	大漢林道

林班地內長度  
不足5公里

藤枝林道	壽卡林道	雲山林道	高中林道	美瓏山林道	來義林道
沙溪林道	石山林道	三民林道	扇平林道	五指霧林道	大漢林道

林道受到管制

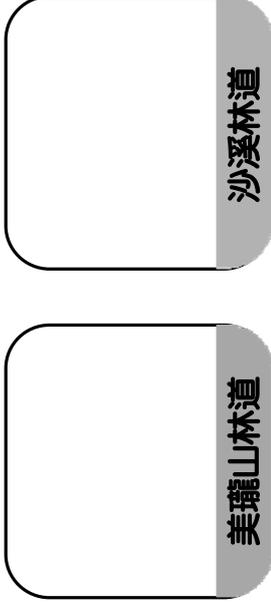
藤枝林道	壽卡林道	雲山林道	高中林道	美瓏山林道	來義林道
沙溪林道	石山林道	三民林道	扇平林道	五指霧林道	大漢林道

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

藤枝林道	壽卡林道	雲山林道	高中林道	美瓏山林道	來義林道
沙溪林道	石山林道	三民林道	扇平林道	五指霧林道	大漢林道

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道



### 林道篩選方式和結果—台東處

延平林道	錦屏林道	紅石林道	知本林道	利嘉林道	霧鹿林道
------	------	------	------	------	------

林班地內長度  
不足5公里

延平林道	錦屏林道	紅石林道	知本林道	利嘉林道	霧鹿林道
------	------	------	------	------	------

林道受到管制

延平林道	錦屏林道	紅石林道	知本林道	利嘉林道	霧鹿林道
------	------	------	------	------	------

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

延平林道	錦屏林道	紅石林道	知本林道	利嘉林道	霧鹿林道
------	------	------	------	------	------

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道

依4項條件研判台東處所轄林道予以排除

### 林道篩選方式和結果—花蓮處

西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道	中平林道	長良林道
------	------	------	------	------	------

林班地內長度  
不足5公里

西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道	中平林道	長良林道
------	------	------	------	------	------

林道受到管制

西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道	中平林道	長良林道
------	------	------	------	------	------

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道	中平林道	長良林道
------	------	------	------	------	------

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道



### 林道篩選方式和結果—羅東處

宜專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道	金洋林道
四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道		

林班地內長度  
不足5公里

宜專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道	金洋林道
四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道		

林道受到管制

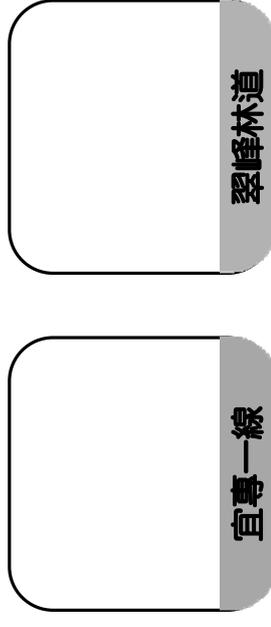
宜專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道	金洋林道
四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道		

林道狀況無法  
行駛四輪車輛

宜專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道	金洋林道
四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道		

林道硬鋪面長度  
不足5公里

篩選後剩餘林道



## 林道篩選方式和結果

經過篩選過後，剩餘17條林道。

桶后林道	大鹿林道	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美龍山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專一線	翠峰林道	

柏油鋪面的路段長度超過5公里。

桶后林道	大鹿林道	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美龍山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專一線	翠峰林道	

通過或連接森林遊樂區或知名景點。

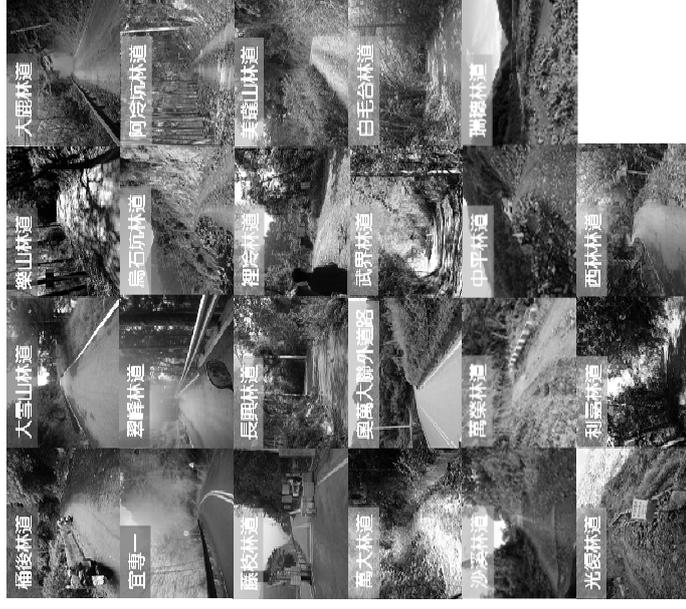
桶后林道	大鹿林道	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美龍山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專一線	翠峰林道	

## 林道篩選方式和結果

綜合上述因子進行初步評選，82條林道中以桶后林道、大鹿林道本線、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道5條林道為優先調查林道。

進行現地探勘。  
(共調查23條林道)

選出桶后林道、大鹿林道本線、樂山林道、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道進行第一階段道路致死調查。



## 林道路死調查方法-調查頻率

調查頻率	1月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10
主調查頻率 每月1次(1天)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
連續調查 每季1次(連續4天)				●						
補充調查頻率 每週1次(1天)				●	●	●	●	●	●	●

調查進行頻率

- ◆ 主調查：每月進行1次
- ◆ 連續調查：共3次的連續4日調查
  - 分析假日和非假日的車流量的影響
- ◆ 補充調查：共3次的每週調查
  - 補充收集路死動物資料

標準作業方式

- ◆ 白天慢速騎乘機車調查(20-30km/h)
- ◆ 記錄：物種、個體資訊、座標、路死位置、環境、全程航跡、照片
- ◆ 屍體移除避免重複記錄，完整屍體捐贈蒐藏研究單位



● 1天 ● 連續4天

30

## 林道篩選方式和結果

調查結束後

- 相片套疊航跡，產出路死動物座標，填寫調查記錄表

編號	年	月	日	時間	經緯	物種	座標	里程	72度分秒	X	Y	經緯度	座標	座標位置	備註
R001	2012	2	13	12:31	12:31	鹿	龜殼庄	08前	384.45	271.97	38.773	235.842	E121.54000	N24.51342	中
R002	2012	2	13	13:42	13:42	鹿	瑞穗	7後	387.560	271.148	287.560	271.148	E121.57664	N24.50893	右



31



## 第一次工作坊 專業顧問意見與建議摘要

- 1) 若有已知Roadkill問題較嚴重的林道也該納入考量，包括不足5公里的，林務局和林管處可提供相關資料和經驗，以優先解決既有問題。
- 2) 影響Roadkill的因素包括車流量、道路形式與結構、周圍棲地因子、目標物種與族群量等，需納入分析考量。
- 3) 如何決定roadkill情形是否嚴重到需要改善？
- 4) 調查進行時建議穿著相關安全設備。
- 5) 計畫結束後可提出後續經營管理建議，如延長研究或擴大調查、道路阻隔效應或棲地破碎化探討等。
- 6) 若發現可能roadkill熱點，建議設計調查方法，以嘗試估算目標相對族群豐度等，加強評估其影響力。

## 第一次工作坊 專業顧問意見與建議摘要

- 7) 目前志工調查，有發現大鹿林道與大雪山林道有道路致死紀錄。
- 8) 建議與解說教育或社區團體結合，對日後的改善與維護管理會有很大的助益，也可避免有人利用改善措施(如通道)等處捕捉動物。
- 9) 建議不同路段之車流、穿越道路動物活動高峰及死屍叨食動物活動情形等，應先行瞭解相關情形後，再決定現場調查之執行時間。

## 五、相關單位部門協助

目的	協助事項	需求原因
路死調查	進入遊樂區執行計畫公文	降低調查成本
地景分析	最新林道里程圖層	實際里程與里程牌有出入
地景分析	最新林道里程圖層	實際道路與圖資有落差
資料蒐集	管轄範圍內之林道現況、管制情形及出入限制	確定林道狀況以了解是否有可能之動物路死問題
資料蒐集	已知的道路致死課題	使路死調查能更適切的回饋林道動物致死問題之改善
資料蒐集	提供道路致死資料(如照片、大概里程、發現日期等)	增加動物道路致死資料
資料蒐集	各森林遊樂區逐日之遊客及車輛資料	以資了解車量多寡與動物道路致死間是否有相關性
資料蒐集	是否有預計進行之道路工程	可和道路致死熱點改善對策結合，減少工程對環境擾動與用路人不便。

# 敬請指教



行政院農業委員會林務局

# 國有林班地區域野生動物道路致死調查及改善對策探討

期中報告審查會議簡報

簡報單位：觀察家生態顧問有限公司

101年5月25日

0

## 簡報大綱

一、計畫緣起、目的與工作項目

二、研究案例蒐集彙整

三、林班地內潛在道路致死敏感評估

四、林班地道路致死調查

五、課題分析與改善對策研擬

六、道路致死工作坊辦理概要

七、計畫進度與後續作業

## 一、計畫緣起及目的

林務局所林班地面積約有150萬公頃，具各類豐富自然環境和高度多樣性，有多處自然保留區、野生動物保護區和重要棲息環境。

部分自然保護區域周邊或森林遊樂區是重要的觀光遊憩據點，因而相關之聯外道路、行駛車輛和遊客均可能對野生動物植物產生衝擊。

野生動物(哺乳類、鳥類、兩棲類和爬蟲類)的道路致死(Roadkill)問題，已成為先進國家道路工程單位極為重視的課題。

- 大尺度的敏感程度評估，建立先期評估模式
- 調查野生動物道路致死及周邊排水設施課題
- 提出並執行改善減輕的相關對策
- 擬定國有林班地區域內野生動物道路及周邊排水設施致死課題調查及改善機制原則



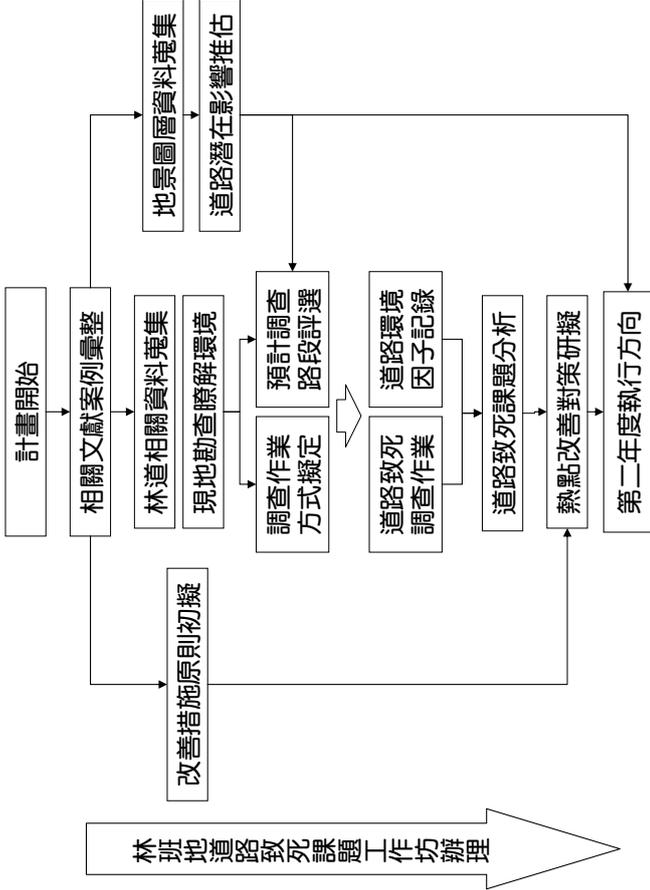
2

## 一、計畫工作項目

- 1 國內外野生動物道路及周邊排水設施致死相關文獻與案例蒐集
- 2 評估國有林班地區域內野生動物道路及周邊排水設施致死潛在敏感程度
- 3 國有林班地區域野生動物道路及周邊排水設施致死現況調查與課題分析
- 4 研擬國有林班地區域野生動物道路致死課題改善對策
- 5 野生動物道路致死課題工作坊
- 6 國有林班地區域內野生動物道路致死潛在敏感程度評估檢討修訂
- 7 國有林班地區域野生動物道路致死課題分析
- 8 山區道路結構與野生動物道路致死關聯性探討
- 9 國有林班地區域內野生動物道路致死課題調查及改善機制初擬
- 10 建構並完成一處動物道路致死改善措施示範地點

3

## 一、第一年度操作流程



林班地道路致死課題工作坊辦理

## 二、研究案例蒐集彙整-國外相關文獻研究

### 道路致死影響案例

- 鳥類
  - 哺乳類
  - 爬蟲類
  - 兩棲類
- 各類群均有族群受道路致死影響案例  
多起案例呈現交通量與致死率相關性  
其他因子包含季節、與道路距離、周邊環境地景結構、物種棲地需求或生態特性



抱卵後德氏赤蛙

### 道路致死調查系統

- 加大韋維斯分校網站
- 美國跨部會科學人員回報系統
- 美西交通部民眾回報網站
- 加拿大網路互動平台



以Google earth為平台整合資訊

### 道路致死資訊運用

- 瑞典與鹿車禍資料分析
- 美國家高速公路合作計畫
- 佛羅里達州地理資訊系統評估
- 兩棲爬蟲道路致死熱點分析

- 常為跨部門(交通部門與生態部門)合作
- 利用車禍資料或民眾回報
- 協助改善措施設置考量與評估
- 提供熱點分析方式與廊道考量參考

圖片來源: Roadkill Observation collection system (ROCS), Ament et al., 2007

## 二、研究案例蒐集彙整-國內相關操作案例

### 陽明山國家公園生態廊道系統

- 調查與改善措施參考案例
- 中小型動物為目標物種



### 綠島環島公路蟹類道路致死

- 道路致死發生模式分析參考案例
- 道路致死熱點分析
- 通道建置、監測與維管作業

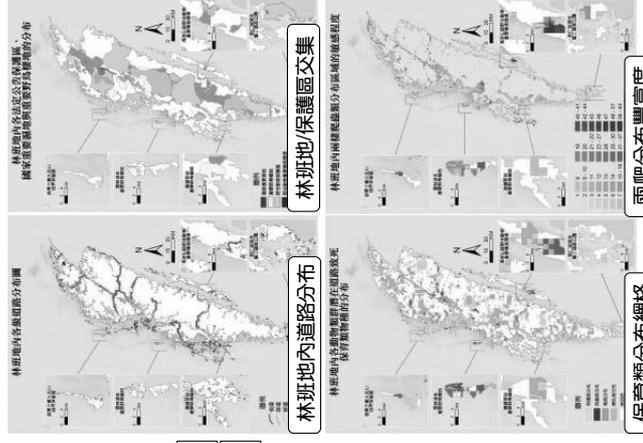
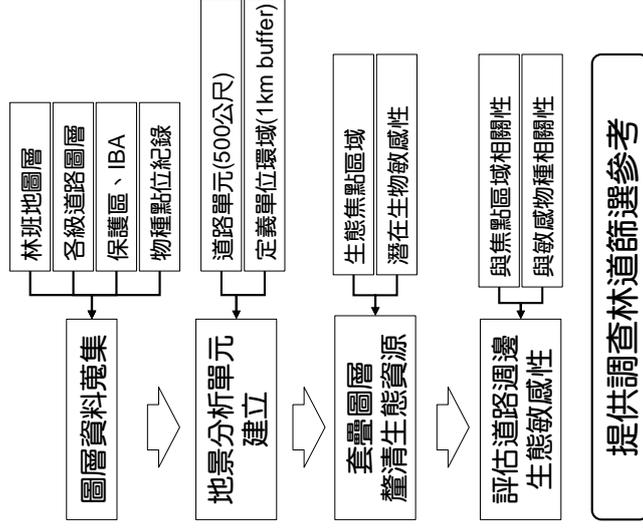


### 國內交通部門案例

- 進行清障人員教育訓練，蒐集道路致死資料
- 既有設施改善利用
- 物種利用紀錄



## 三、林班地道路致死潛在敏感評估-操作流程



兩棲分布豐富度

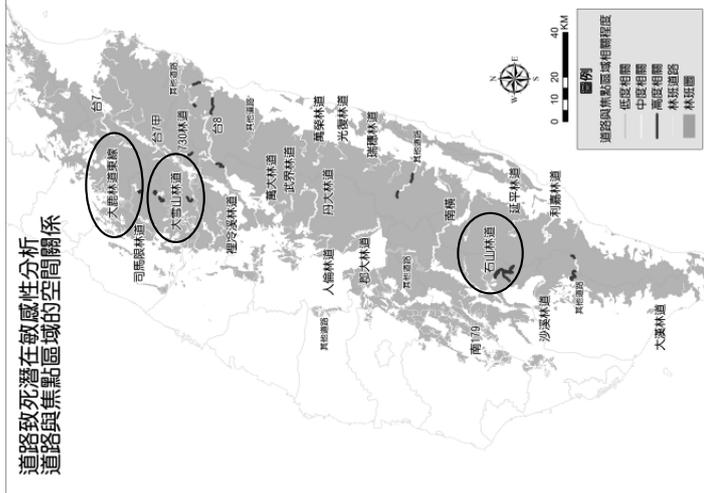
保育類分布網絡

### 三、林班地道路致死潛在敏感評估-焦點區域關聯

道路致死潛在敏感性分析  
道路與焦點區域的空間關係

- ◆ 估算分析單元內生態焦點區域面積
- ◆ 所得數據轉換為百分比
- ◆ 以10%與50%切分低、中、高等級

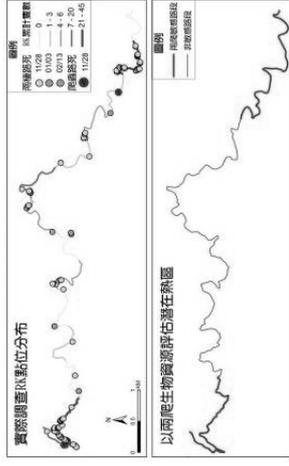
- ◆ 高度相關林地
  - > 石山林道
  - > 大鹿林道東線
  - > 大雪山林道
- ◆ 中度相關林地
  - > 郡大林道
  - > 武界林道
  - > 730林道
  - > 丹大林道
  - > 沙溪林道
  - > 利嘉林道



### 三、林班地道路致死潛在敏感評估-討論

- 既有資訊限制
  - ◆ 林道車流量資訊限於遊樂區或管制哨
  - ◆ 生物點位集中於研究進行區域
- 後續作業方向
  - ◆ 國土利用調查成果圖層
  - ◆ 蒐集道路結構資訊
  - ◆ 比對實際道路致死點位與環境因子，進行推估

實際調查與模式預測【桶後林道】

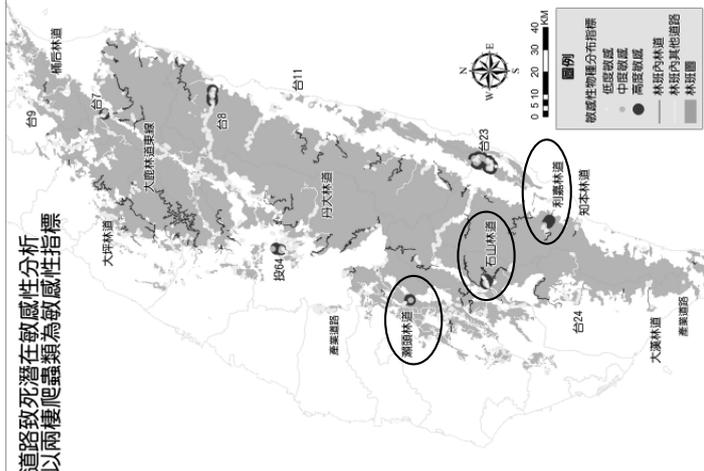


### 三、林班地道路致死潛在敏感評估-生物分布關聯

道路致死潛在敏感性分析  
以兩棲爬蟲類為敏感性指標

- ◆ 臺灣動植物空間分布資料庫
- ◆ 加權估算保育類物種權重
- ◆ 所得數據轉換為百分比

- ◆ 高敏感性林地
  - > 石山林道
  - > 利嘉林道
  - > 瀨頭林道
- ◆ 中敏感性林地
  - > 桶后林道
  - > 丹大林道
  - > 知本林道
  - > 大坪林道
  - > 大漢林道
  - > 大鹿林道東線
- ◆ 其他高敏感性道路
  - > 臺23線、投64線與臺8線



### 四、林班地道路致死調查-主要工作內容

- 調查對象：哺乳綱、鳥綱、爬蟲綱、兩棲綱
- 調查路段：選擇3條林道於林班地內路段進行
- 調查方法：月調查、週調查、連續調查，記錄路死動物種類、數量、位置及拍照

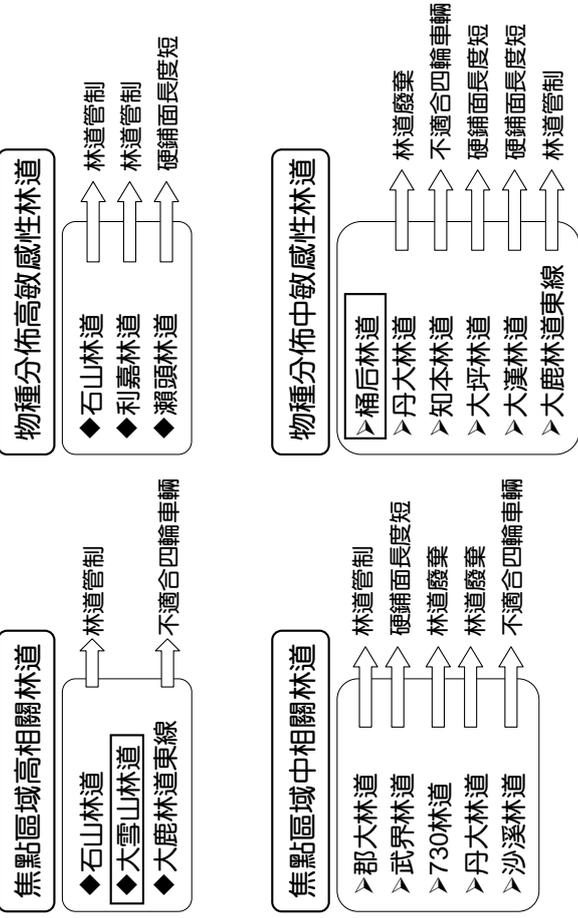


#### 四、林班地道路致死調查-調查林道篩選因子

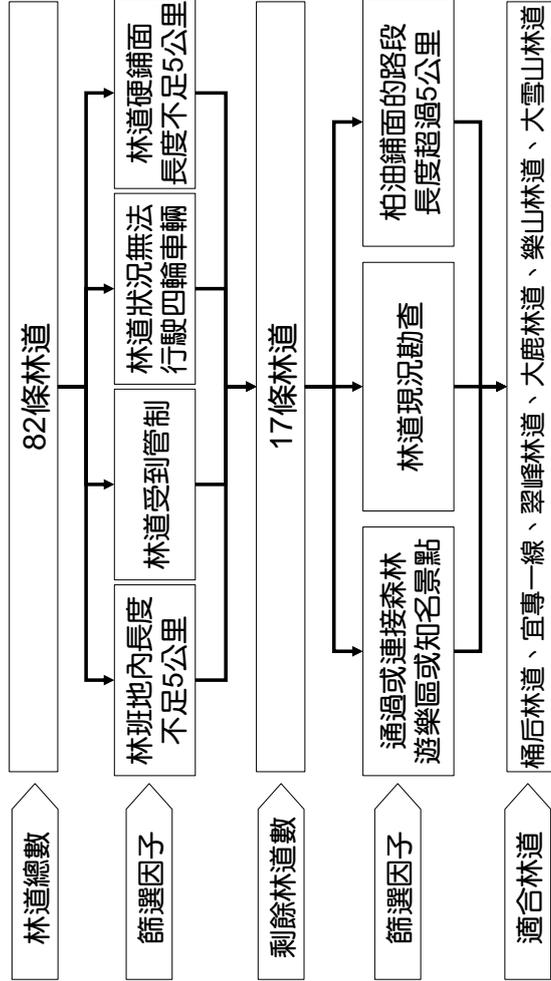
##### 林道篩選方式

林道因子	條件	處理方式
林道位於林班地內長度	林班地內長度不足5公里	排除不選
林道管制情形	需申請甲種入山證才准進入	排除不選
林道管制情形	非公務車不得進入	排除不選
林道現況	因天災而封閉或管制(林班地範圍內未管制路段不足5公里)	排除不選
林道現況	目前路況不佳(林班地範圍內可通行四輪車量路段長度不足5公里)	排除不選
林道鋪面狀況	林班地範圍內林道硬鋪面(柏油或水泥)路段總長度不足5公里	排除不選
林道沿線景點	林道通過森林遊樂區或知名景點	優先選擇
林道鋪面狀況	林道柏油鋪面長度超過5公里	優先選擇

#### 四、林班地道路致死調查-林班地敏感性分析結果參考



#### 四、林班地道路致死調查-林道篩選流程



#### 四、林班地道路致死調查-林班地內長度篩選

- 林道位於林班地範圍內長度5公里以下者。  
→ 林道長度不足不易收集完整資料。  
(選擇之道路與兩側環境需均由林務局管轄)



##### 篩選掉22條林道

桶后林道	連觀山林道	東觀山林道	大鹿林道本線	大鹿林道東線	可馬限林道	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大坪林道	大滿林道	大湖溪林道	水田林道
東河林道	蓮葉林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道	大雪山林道神木支線	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶺林道	廟沙浩林道	八仙山苗圃林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	人倫林道	奧萬大聯外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	武界林道	尖台林道	白毛山林道
碗山林道	楠溪林道	塔仔桶林道	梅蘭林道	潮頭林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美羅山林道	來義林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	廟平林道	五指霧林道	大漢林道	延平林道	銅屏林道	紅石林道
知本林道	利霧林道	霧鹿林道	西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞霧林道
中平林道	長良林道	宜專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武荖坑林道		

篩選後留下的林道 | 篩選後刪除的林道

### 四、林班地道路致死調查-林道管制因子篩選



- 需申請甲種入山證才能進入。
- 基於保育、礦業開採或是先前曾經崩塌而有安全性考量而進行管制。  
(未管制路段位於林班地內長度在5公里以上者則不予排除)

篩選掉22條林道

桶后林道	達觀山林道	東眼山林道	大鹿林道本線	大鹿林道東線	司馬限林道	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大坪林道	大湖林道	大湖溪林道	水田林道
東河林道	蓬萊林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道	大雪山林道神木支線	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶽林道	麻必浩林道	八仙山苗圃林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	人倫林道	興寬大聯外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	武界林道	尖台林道	白毛山林道
祝山林道	楠溪林道	焙仔桶林道	梅蘭林道	潮頭林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美羅山林道	來義林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	扇平林道	五指巒林道	大漢林道	延平林道	錦屏林道	紅石林道
知本林道	利嘉林道	霧鹿林道	西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道
中平林道	長良林道	官專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武老坑林道		

篩選後留下的林道 | 篩選後刪除的林道

### 四、林班地道路致死調查-林道硬鋪面長度篩選



- 碎石或泥土鋪面路段  
→ 路況較差車流量少且車速通常較慢  
→ 路面易為植物覆蓋，造成調查困難  
→ 路段兩側通常無混凝土結構排水設施

篩選掉42條林道

桶后林道	達觀山林道	東眼山林道	大鹿林道本線	大鹿林道東線	司馬限林道	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大坪林道	大湖林道	大湖溪林道	水田林道
東河林道	蓬萊林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道	大雪山林道神木支線	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶽林道	麻必浩林道	八仙山苗圃林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	人倫林道	興寬大聯外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	武界林道	尖台林道	白毛山林道
祝山林道	楠溪林道	焙仔桶林道	梅蘭林道	潮頭林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美羅山林道	來義林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	扇平林道	五指巒林道	大漢林道	延平林道	錦屏林道	紅石林道
知本林道	利嘉林道	霧鹿林道	西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道
中平林道	長良林道	官專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武老坑林道		

篩選後留下的林道 | 篩選後刪除的林道

### 四、林班地道路致死調查-林道四輪車輛通行現況篩選



- 因天災坍塌而由公告封閉或管制
- 近期路況不佳或無法通行四輪車輛(林班地範圍內可通行路段長度不足5公里)。

篩選掉11條林道

桶后林道	達觀山林道	東眼山林道	大鹿林道本線	大鹿林道東線	司馬限林道	羅山林道下線
羅山林道上線	八卦力林道	內洞林道	大坪林道	大湖林道	大湖溪林道	水田林道
東河林道	蓬萊林道	樂山林道	八仙山林道	大雪山林道	大雪山林道神木支線	出雲山林道
觀音山林道	雪山坑林道	摩天嶽林道	麻必浩林道	八仙山苗圃林道	西勢山林道	裡冷林道
船型山林道	平石山林道	烏石坑林道	郡大林道	人倫林道	興寬大聯外道路	卓社林道
雙龍林道	萬大林道	阿冷坑林道	長興林道	武界林道	尖台林道	白毛山林道
祝山林道	楠溪林道	焙仔桶林道	梅蘭林道	潮頭林道	南山林道	藤枝林道
壽卡林道	雲山林道	高中林道	美羅山林道	來義林道	沙溪林道	石山林道
三民林道	扇平林道	五指巒林道	大漢林道	延平林道	錦屏林道	紅石林道
知本林道	利嘉林道	霧鹿林道	西林林道	萬榮林道	光復林道	瑞穗林道
中平林道	長良林道	官專一線	翠峰林道	和平林道	古魯林道	鹿皮林道
金洋林道	四季林道	嘉平林道	安平坑林道	武老坑林道		

篩選後留下的林道 | 篩選後刪除的林道

### 四、林班地道路致死調查-剩餘林道篩選因子

經過篩選後，剩餘17條林道。

柏油鋪面的路段長度超過5公里。

通過或連接森林遊樂區或知名景點。

桶后林道	大鹿林道本線	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美羅山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專林道	翠峰林道	
	林道	林道	一線	林道	

桶后林道	大鹿林道本線	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美羅山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專林道	翠峰林道	
	林道	林道	一線	林道	

桶后林道	大鹿林道本線	樂山林道	大雪山林道	裡冷林道	烏石坑林道
阿冷坑林道	長興林道	美羅山林道	沙溪林道	西林林道	萬榮林道
光復林道	瑞穗林道	中平林道	宜專林道	翠峰林道	
	林道	林道	一線	林道	

#### 四、林班地道路致死調查-林道篩選結果



綜合上述因子進行初步評選，82條林道中以桶後林道、大鹿林道本線、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道5條林道為優先調查林道。

進行現地探勘。  
(共勘查23條林道)

選出桶後林道、大鹿林道本線、樂山林道、大雪山林道、宜專一線及翠峰林道進行第一階段道路致死調查。

#### 四、林班地道路致死調查-調查頻率與項目

調查頻度 / 月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10
主調查頻率 每月1次(1天)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
連續調查 每季1次(連續4天)			●						
補充調查頻率 每週1次(1天)				●●	●●	●●	●●	●●	●●

● 1天 ● 連續4天

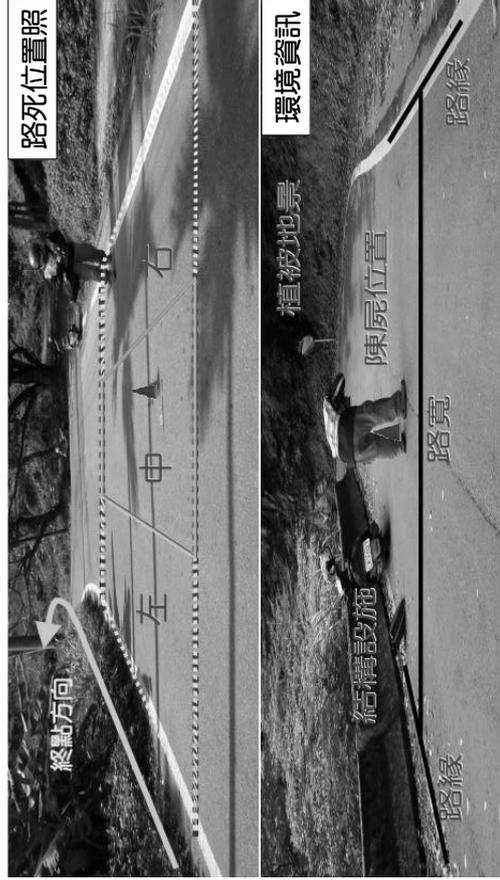


#### 調查進行頻率

- ◆ 主調查：每月進行1次
- ◆ 連續調查：共3次的連續4日調查
  - 分析假日和非假日的車流量的影響
- ◆ 補充調查：共3次的每週調查
  - 補充收集路路動物資料

#### 四、林班地道路致死調查-現場操作流程

- 白天慢速騎乘機車調查 (10-30km/h)
- 記錄：物種、個體資訊、座標、路死位置、環境、全程航跡、照片
- 屍體移除避免重複記錄，完整屍體捐贈蒐藏研究單位



路死個體照

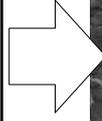


#### 四、林班地道路致死調查-調查結果匯入地理資訊系統

#### 調查結束後

- 相片套疊航跡，產出路路動物座標，填寫調查記錄表

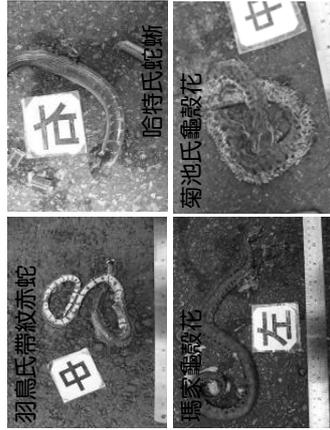
編號	年	月	日	時間	物種	里程	經緯度	座標位置	道路結構	座標	位置	備註
R001	2012	2	13	12:31	鹿	0.8	E121.544000 N24.511342	鹿寮山	中	鹿寮山	鹿寮山	鹿寮山
R002	2012	2	13	13:42	獾	7.8	E121.570643 N24.508993	鹿寮山	右	鹿寮山	鹿寮山	鹿寮山



#### 四、林班地道路致死調查-初步調查結果

##### ● 已執行調查項目與林道

- ◆ 前測作業：
  - 桶后林道2次，其他林道1次
- ◆ 主調查：
  - 各林道2月、3月、4月、5月份
- ◆ 連續調查：
  - 各林道4月份連續調查
- ◆ 補充調查(每週一次)
  - 進行中

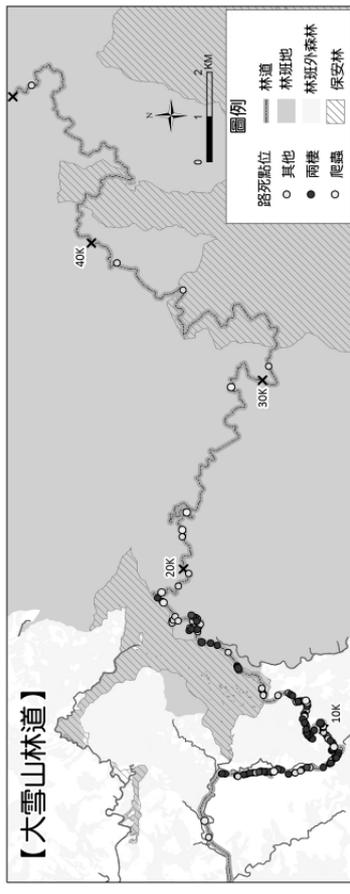
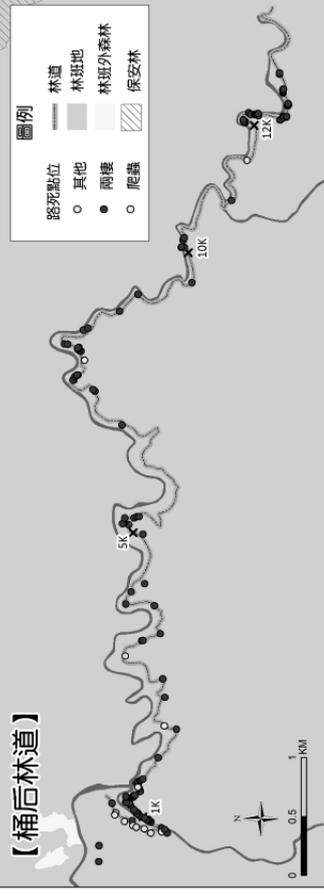


林道	兩棲	爬蟲	哺乳	鳥類	未知	總計
桶后	206	21	1	0	3	231
大雪山	22	55	2	3	0	82
大雪山(外)	106	129	6	16	0	257
大鹿	41	45	5	0	0	91
大鹿(外)	16	15	1	0	0	32
樂山	0	3	1	0	0	4
宜專一	106	32	3	3	2	146
翠峰	8	0	1	0	0	9
總計	510	302	20	22	5	859

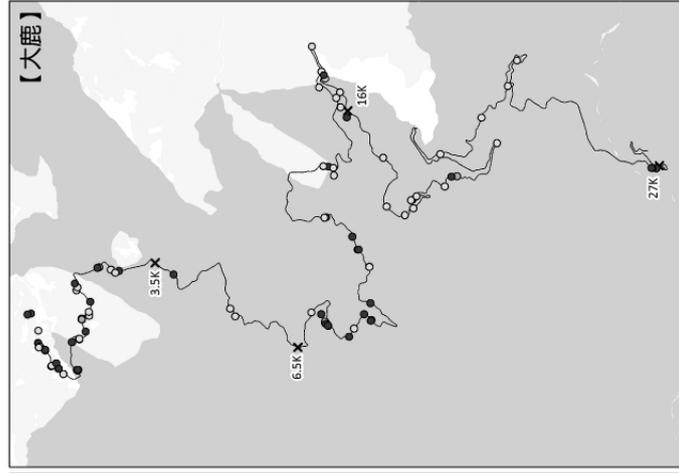
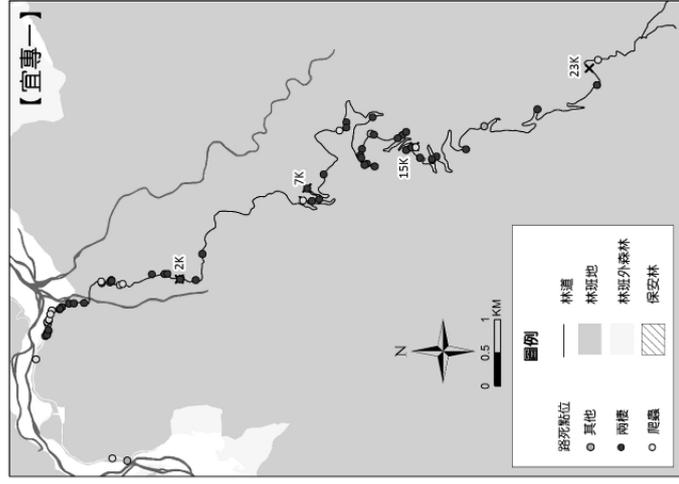
(外)表示林班地範圍外之林道道路致死紀錄

中文名	學名	保育類
哈特氏蛇蜥	<i>Ophisaurus harti</i>	II
短肢攀蜥	<i>Japalura brevipes</i>	III
黑眉錦蛇	<i>Orthriophis taeniura friesi</i>	III
瑪家龜殼花	<i>Ovophis monticola makazayazaya</i>	II
雨傘節	<i>Bungarus multicinctus multicinctus</i>	III
羽鳥氏帶紋赤蛇	<i>Sinomicrurus hatori</i>	II
龜殼花	<i>Protobothrops mucrosquamatus</i>	III
菊池氏龜殼花	<i>Trimeresurus gracilis</i>	III

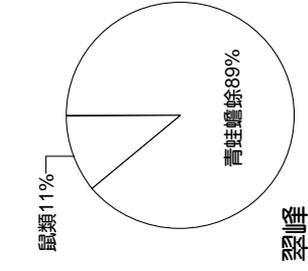
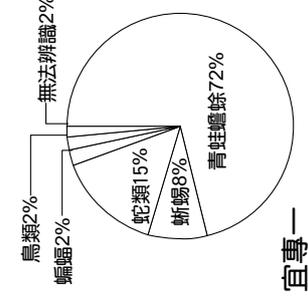
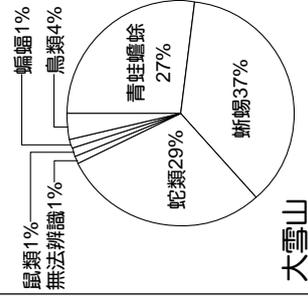
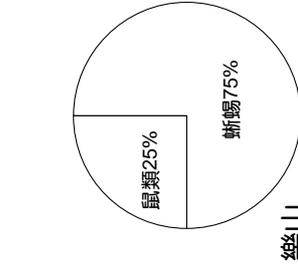
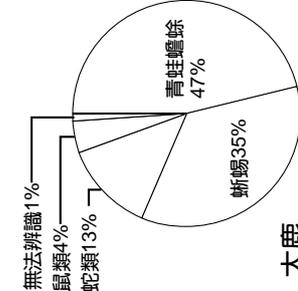
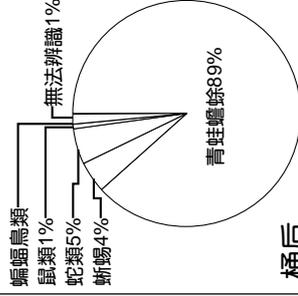
#### 四、林班地道路致死調查-目前道路致死點位分布



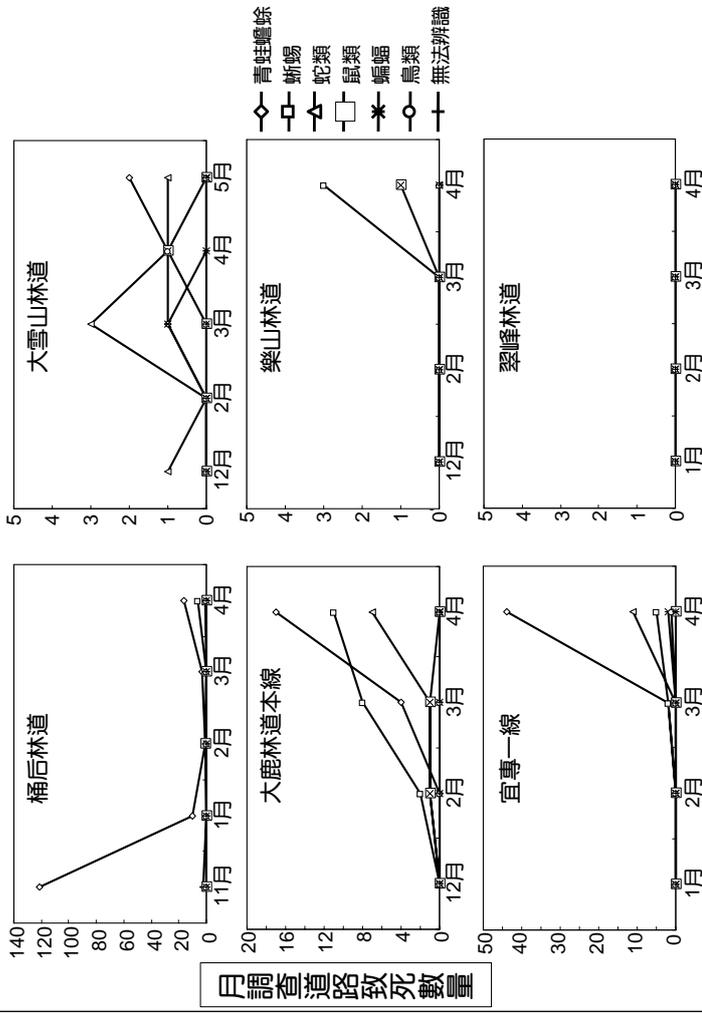
#### 四、林班地道路致死調查-目前道路致死點位分布



#### 四、林班地道路致死調查-各林道總類群比例初步分析



#### 四、林班地道路致死調查-各林道類群目前變化趨勢

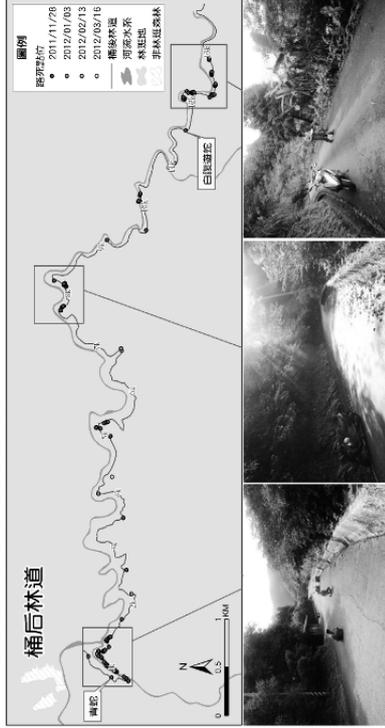


#### 五、課題分析與對策研擬-主要分析對象與方向

##### ● 道路致死敏感物種



##### ● 道路致死敏感路段



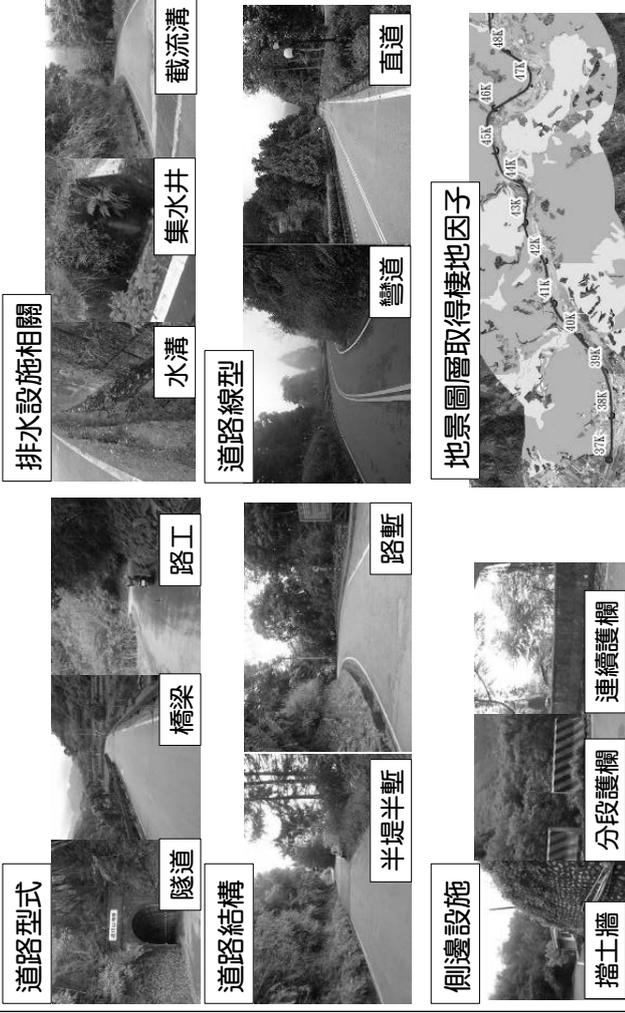
- ▶ 彎道較為集中
- ▶ 常為鄰近溪流之處
- ▶ 頭尾較為密集
- ▶ 梭德氏赤蛙為主
- ▶ 尚需比對環境因子

##### ● 檢視道路設計、環境因子與道路致死發生關聯性



#### 五、課題分析與對策研擬-林道周圍環境因子調查

##### 環境因子蒐集--現勘調查和套疊GIS圖層



#### 五、課題分析與對策研擬-後續對策研擬方向

##### 依據影響因子與現地環境研擬對策

##### 增設通道或改善既有設施



##### 避免目標物種進入道路



##### 改善排水設施使其易於脫離



##### 改善用路人習慣



## 六、道路致死工作坊辦理-第一次工作坊辦理情形

- 時間：民國101年2月24日(星期五)
- 會議主軸：
  - ◆ 說明調查林道篩選調查方法確認方式以及目前初步成果
  - ◆ 請教專家顧問上述主題相關意見與建議
  - ◆ 其他相關課題請益
- 與會專家及顧問：
  - ◆ 臺灣大學生態學與演化生物學研究所 李玲玲教授
  - ◆ 國立金門大學營建工程學系 林世強教授
  - ◆ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 林德恩研究員
  - ◆ 臺北市立動物園 陳賜隆研究員(書面意見)



## 五、道路致死工作坊辦理-第二次道路致死工作坊辦理

- 時間：民國101年3月19日(星期五)
- 會議主軸：
  - ◆ 承續第一次工作坊意見，即早瞭解既有相關課題
  - ◆ 說明本計畫緣起、操作模式、預期成果以及初步結果
  - ◆ 請各林管處與工作站協助提供相關資訊 (林道資訊/車流量統計/預計工程安排)
  - ◆ 蒐集相關意見與建議
- 與會單位：
  - ◆ 局內保育組、企劃組與育樂組
  - ◆ 8處林管處及所轄工作站



## 六、道路致死工作坊辦理-專顧意見概要與辦理情形

- ◆ 已知Roadkill問題較嚴重的林道應納入考量，可請林務局與林管處提供資料、經驗(已有志工發現大鹿林道、大雪山林道道路致死紀錄)。
  - ◆ 如何決定Roadkill情形是否嚴重到需要改善？
  - ◆ 影響Roadkill因素包括車流量、道路形式與結構、周圍棲地因子、目標物種與族群量等，需納入分析考量。
  - ◆ 建議增加調查頻度，以及提升調查時道路致死種類辨識程度。
- ◆ 辦理第二次工作坊，邀請林管處與工作站參與提供意見。
  - ◆ 以道路致死資料配合物種生態特性綜合評估改善依據。
  - ◆ 執行環境因子調查作業，並向各林管處申請車流量相關資料。
  - ◆ 調整記錄項目與分析項目資訊。
- ◆ 計畫結束後可提出後續經營管理建議，如擴大調查、道路阻隔效應等。
  - ◆ 若發現可能熱點，建議嘗試估算目標相對族群豐度等，加強評估效力。
  - ◆ 建議與解說教育或社區團體結合，對日後改善與維護管理具相當助益。
- ◆ 將於第一/第二年度期末提出不同期程改善與經營管理建議。
  - ◆ 第二年度將根據目標物種進行調查以了解族群相對豐度等資訊。
  - ◆ 評估於工作坊邀請相關團體參與，進行成果分享與意見交流。

## 六、相關單位部門協助

目的	協助事項	需求原因
路死調查	進入遊樂區執行計畫公文	長期規律性進出許可
地景分析	最新林道里程圖層	里程、道路與圖資告示落差
資料蒐集	管轄範圍內之林道現況、管制情形及出入限制	確定林道狀況以了解是否有可能之動物路死問題
資料蒐集	已知的道路致死課題	使路死調查能更適切的回饋林道動物致死問題之改善
資料蒐集	提供道路致死資料(如照片、大概里程、發現日期等)	增加動物道路致死資料
資料蒐集	各森林遊樂區逐日之遊客及車輛資料	以資了解車量多寡與動物道路致死間是否有相關性
資料蒐集	是否有預計進行之道路工程	可和道路致死熱點改善對策結合

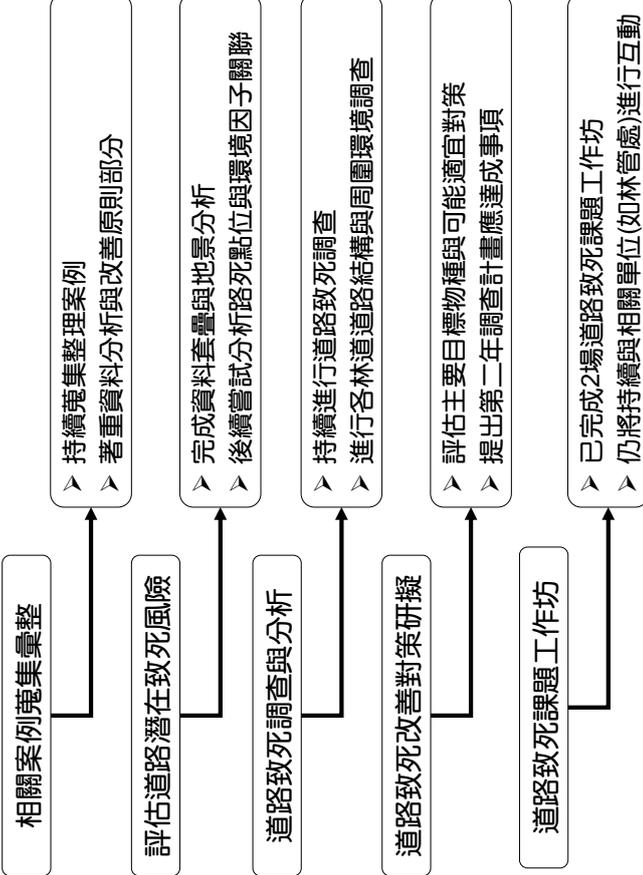
## 六、道路致死工作坊辦理-各單位意見概要與辦理情形

- ◆ 建議提供路路動物撿拾與回報的標準作業流程或表格。
- ◆ 若桶后林道已出現蛙類路死熱點，建議提供改善設計以利施辦。
- ◆ 建議納入巡山人員巡視工作，於統計項目增設相關報表。
- ◆ 提供簡化後道路致死回報表格供各單位參考。
- ◆ 後續將拜訪主要林管處/工作站進行較深入之課題瞭解與聯繫。
- ◆ 加強與治山工作之溝通與教育訓練，改變過往以人為保全對象思維。
- ◆ 道路清潔工作可能會影響路死調查與資料蒐集。
- ◆ 後續將於工作坊辦理時分享本計畫操作成果與相關案例，進行相關單位溝通與教育訓練。
- ◆ 已和各調查道路路段清潔主管單位聯繫，瞭解清掃工作期程。
- ◆ 建議提供通報與處理機制，如研究或標本捐贈等，請提供合適後送機構名單。
- ◆ 希望能有更明確的路死調查機制與流程，包括表單格式、安全措施、資料匯集與資料庫建立等等，以利長期監測、研究與改善之用。
- ◆ 提供相關單位聯繫方式與建議後送機構名單。
- ◆ 工作項目與計畫成果即會提出完成評估/操作流程與改善建議。

## 七、計畫進度與後續作業 - 期中審查階段預定進度

工作項目	時程 (月份)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
國內外野生動物道路及周邊排水設施致死相關文獻以及案例蒐集	工作比重	12%												
評估國有林班地區域內野生動物道路以及周邊排水設施致死潛在敏感程度														
國有林班地區域野生動物道路與周邊排水設施致死現況調查以及課題分析														
研擬國有林班地區域野生動物道路致死課題改善對策														
野生動物道路致死課題工作坊														
報告提送														
累積進度		8%	17%	25%	33%	42%	50%	58%	67%	75%	83%	92%	100%	

## 七、計畫進度與後續作業 - 後續作業重點



敬請指教



行政院農業委員會林務局

## 國有林班地區野生動物道路致死調查及改善對策探討

### 期末報告審查會議簡報

簡報單位：觀察家生態顧問有限公司

101年11月14日

0

## 期中報告審查意見與辦理情形摘要

- ◆ 文獻蒐集應增加兩棲爬蟲、日本研究等與本計畫調查調查結果較相似之案例
- ◆ 熱點評估與分析應參考相關研究文獻，並說明處理標準。
- ◆ 未見排水設施致死調查結果
- ◆ 已增加納入相關文獻，並於報告內說明使用之熱點統計分析方式
- ◆ 本計畫第一年工作項目為排水設施致死潛在敏感評估，已納入報告中
- ◆ 應說明工作坊中各與會單位意見及建議辦理情形
- ◆ 相關名錄、林道資訊、引用資料、照片與野生動物救傷資訊請補充或修正
- ◆ 歷次工作坊與會議參與單位意見及處理情形已納入報告附錄中
- ◆ 已於報告及附錄中補充、修正相關資訊
- ◆ 現場環境因子調查的記錄，建議包含更詳盡棲地狀況俾利分析
- ◆ 生態陷阱、周遭相關族群分布及棲地狀況等應納入評估
- ◆ 建議協助林務局建立專用的道路致死資訊回報系統
- ◆ 已蒐集各項環境及道路結構因子並彙整分析，納入報告中
- ◆ 第二年度將進行周遭相關族群分布等瞭解，並注意生態陷阱等相關課題
- ◆ 將根據本計畫執行經驗，提供林務局相關道路致死回報機制建議

## 10月5日生態專業顧問會議意見及辦理情形摘要

- ◆ 道路致死熱點應有物種考量，熱點分析應多參考相關文獻而非初步資料
- ◆ 動物為何來到道路旁邊或穿越道路的原因為關鍵，應設法找出
- ◆ 已將各林道道路致死物種數量分布與熱點分析方式納入報告中
- ◆ 已將棲地、道路結構等因子與致死結果進行相關性分析，並探討原因
- ◆ 明年度預計改善目標應今年度提出，避免無法在適合時段進行改善
- ◆ 道路致死減輕措施工作應該要具有示範效果，以利後續相關作業推展
- ◆ 本計畫成果或許可協助改善水溝型式設計限制問題，使其更具生態考量
- ◆ 已將示範效果、可行性程度納入考量，提出預計改善目標
- ◆ 第二年將根據計畫成果提出包含水溝型式改善之山區道路建議
- ◆ 梭德氏赤蛙的分布跟海拔和溪流有關，溪流因子應納入分析作業中
- ◆ 應提供較明確改善建議和費用估算，設計方向建議考量族群特性，參考合適案例
- ◆ 結果數據很多，需較完整或系統性的分析呈現
- ◆ 相關性分析中即納入溪流與海拔等相關因子
- ◆ 第二年將根據現地族群特性，提出改善措施細部設計與費用估算

## 10月5日生態專業顧問會議意見及辦理情形摘要

- ◆ 減輕措施目標應注意是增加棲地連結還是減少道路致死？請考量其需求與平衡
- ◆ 若有沿線生物多樣性或豐度資料，可與道路致死物種數量進行比較
- ◆ 本案調查資料成果豐富，是否會提供給國內相關生物資料庫？
- ◆ 將考量目標物種對棲地連結與道路致死減輕的需求進行改善措施設計
- ◆ 已分析沿線道路致死種類多樣性，並與物種數量進行比較
- ◆ 施工階段應有注意事項，包含避開物種繁殖期等
- ◆ 建議優先改善單一物種的數量熱點或多樣性熱點？建議先與局內取得共識
- ◆ 將考量目標物種敏感時期，配合調整改善措施施作時間
- ◆ 將根據各項考量提出建議優先改善之路死熱點並說明原因
- ◆ 由今年調查結果來看，林道管制對減少道路致死成效立竿見影，請納入改善考量
- ◆ 林道管制人力若需求有困難，可建議以計畫方式委託其他單位執行
- ◆ 物種習性(如攀蜥)會影響其路死發生原因，亦可針對其設計改善對策
- ◆ 已將林道管制對策及人力需求建議納入後續改善對策研擬
- ◆ 相關建議將納入後續道路致死減輕措施研擬或道路改善建議中

## 簡報大綱

- 一、計畫目的與工作項目
- 二、文獻回顧
- 三、林班地內潛在道路致死敏感評估與林道篩選
- 四、調查與分析方法
- 五、物種類群結果
- 六、熱點分析結果
- 七、結論與對策建議

## 1.1 計畫目的及工作項目－緣起目的

林務局所林班地面積約有150萬公頃，具各類豐富自然環境和高度多樣性，有多處自然保留區、野生動物保護區和重要棲息環境。

部分自然保護區域周邊或森林遊樂區是重要的觀光遊憩據點，因而相關之聯外道路、行駛車輛和遊客均可能對野生動植物產生衝擊。

野生動物(哺乳類、鳥類、兩棲類和爬蟲類)的道路致死(Roadkill)問題，已成為先進國家道路工程單位極為重視的課題。

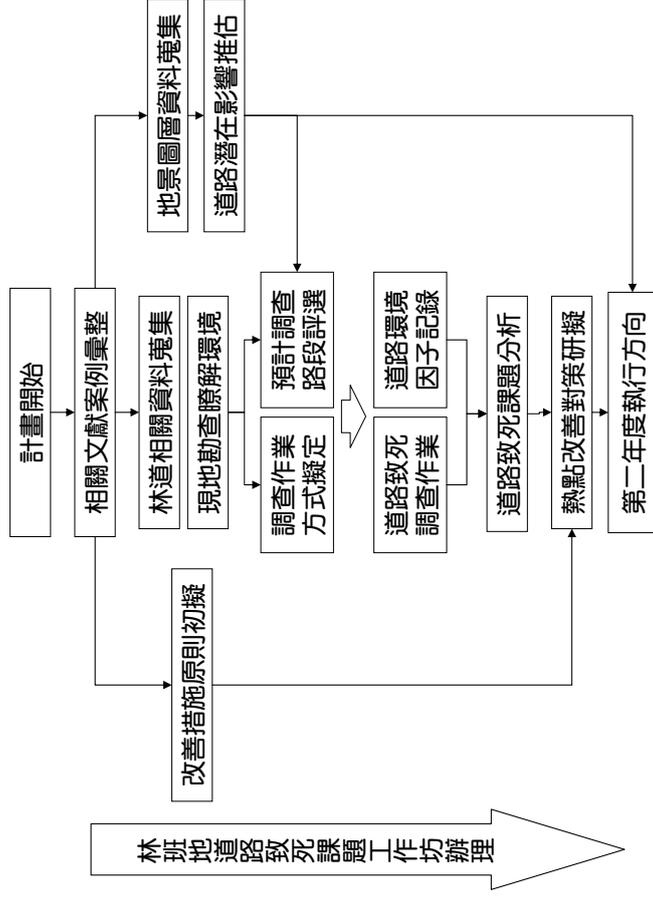
- 大尺度的敏感程度評估，建立先期評估模式
- 調查野生動物道路致死及周邊排水設施課題
- 提出並執行改善減輕的相關對策
- 擬定國有林班地區域內野生動物道路及周邊排水設施致死課題調查及改善機制原則



## 1.2 計畫目的及工作項目－分年工作項目

- 1 國內外野生動物道路及周邊排水設施致死相關文獻與案例蒐集
- 2 評估國有林班地區域內野生動物道路及周邊排水設施致死潛在敏感程度
- 3 國有林班地區域野生動物道路及周邊排水設施致死現況調查與課題分析
- 4 研擬國有林班地區域野生動物道路致死課題改善對策
- 5 野生動物道路致死課題工作坊
- 6 國有林班地區域內野生動物道路致死潛在敏感程度評估檢討修訂
- 7 國有林班地區域野生動物道路致死課題分析
- 8 山區道路結構與野生動物道路致死關聯性探討
- 9 國有林班地區域內野生動物道路致死課題調查及改善機制初擬
- 10 建構完成一處動物道路致死改善措施示範地點

## 1.3 計畫目的及工作項目－第一年度工作流程



## 2.1 文獻回顧 - 國外相關文獻研究

### 道路致死影響案例

鳥類  
哺乳類  
爬蟲類  
兩棲類

- 各類群均有族群受道路致死影響案例
- 多起案例呈現交通量與致死率相關性
- 補充兩棲類與爬蟲類道路致死案例，而兩棲類與爬蟲類道路致死常有明顯高峰季節

### 道路致死調查系統與資訊運用

美國塔拉華科學人員回報系統  
 美西交通局民眾回報網站  
 加拿大網路互動平台  
 美國國家高速公路合作計畫  
 佛羅里達州地理資訊系統評估

- GIS系統運用與座標點位紀錄
- 利用網際網路作為資訊平臺
- 資料庫儲存大量紀錄，提供熱點分析與改善措施參考

### 道路致死改善評估與執行案例

沖繩小動物保護對策指南  
 野生動物路死減輕資訊工具  
 北美動物通道設計與評估手冊  
 加州各類群動物通道設計指南  
 美國相龜導引計畫  
 加拿大瓦特頓湖兩棲類通道

- 包含兩棲爬蟲類改善案例
- 提供道路致死改善措施決策流程
- 各類群動物適用改善措施建議
- 改善措施設計內容與執行重點



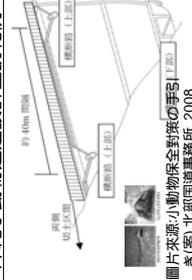
抱卵後德氏赤蛙

調查人員使用GPS紀錄點位座標



圖片來源: Roadkill Observation collection system (ROCS), Ament et al., 2007

沖繩小動物通道設計圖說範例

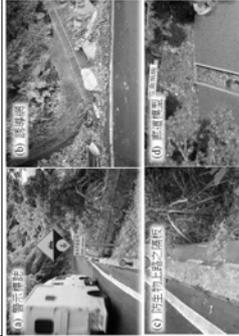


圖片來源: 小動物保全對策の手筈 (I. 池田), 2008

## 2.2 文獻回顧 - 國內相關操作案例

### 陽明山國家公園涵洞廊道建置

- 調查與改善措施參考案例
- 中小型動物為目標物種



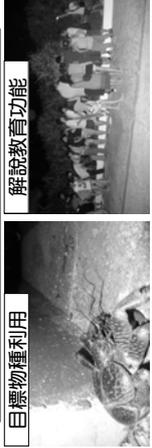
- 進行哺乳類鳥類與兩棲爬蟲道路致死監測
- 分析道路結構、環境因子與道路致死相關性



圖片來源: 陽明山國家公園生態廊道系統評估之研究 (劉小如等, 2008)

### 綠島環島公路蟹類道路致死與改善

- 道路致死發生模式分析參考案例
- 道路致死熱點分析
- 通道建置、監測與維管作業

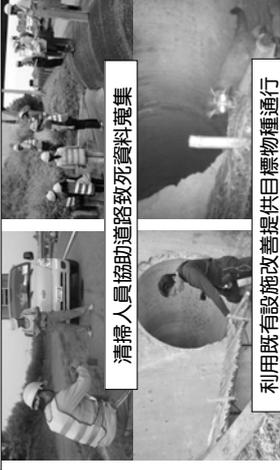


目標物種利用

解說教育功能

### 國道路死課題調查分析與改善

- 進行清掃人員教育訓練，蒐集道路致死資料
- 既有設施改善利用與物種利用紀錄

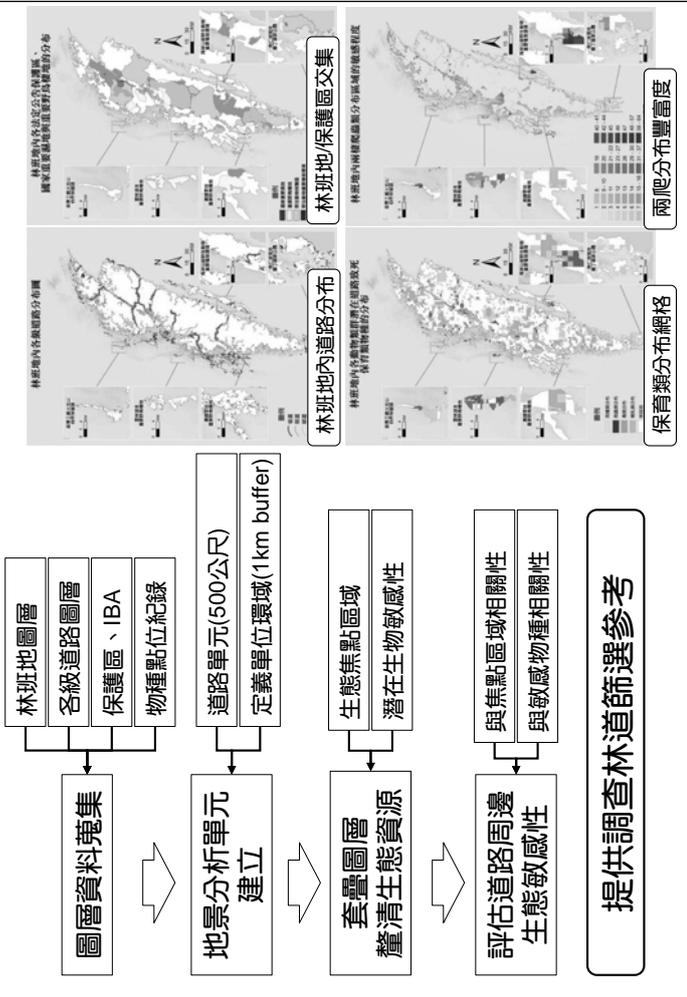


清掃人員協助道路致死資料蒐集

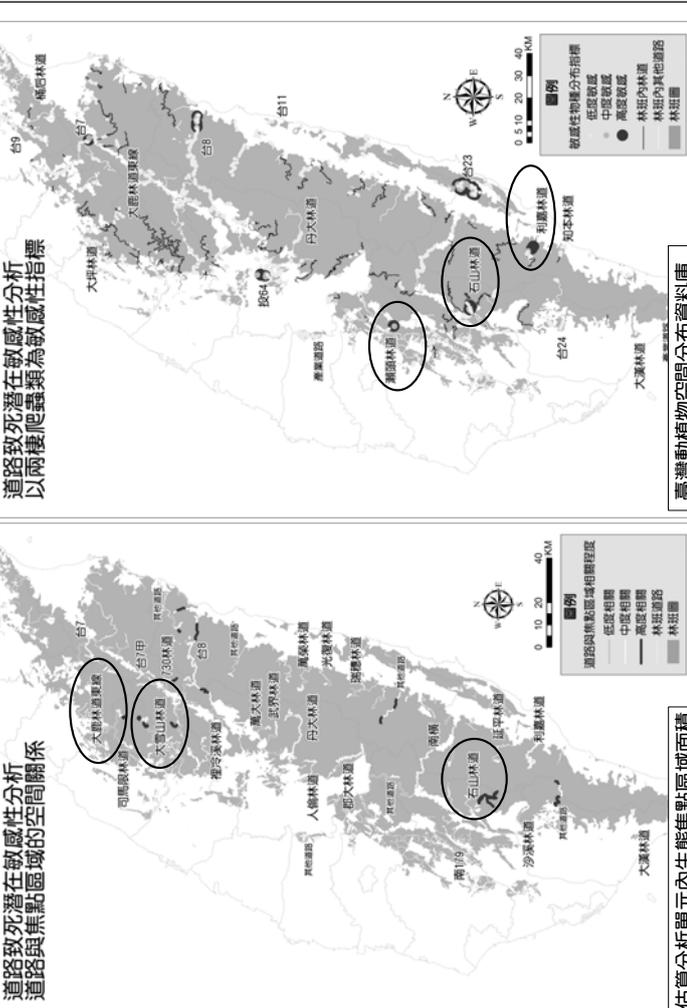
利用既有設施改善提供目標物種通行

## 三、林班地內潛在道路致死敏感評估與林道篩選

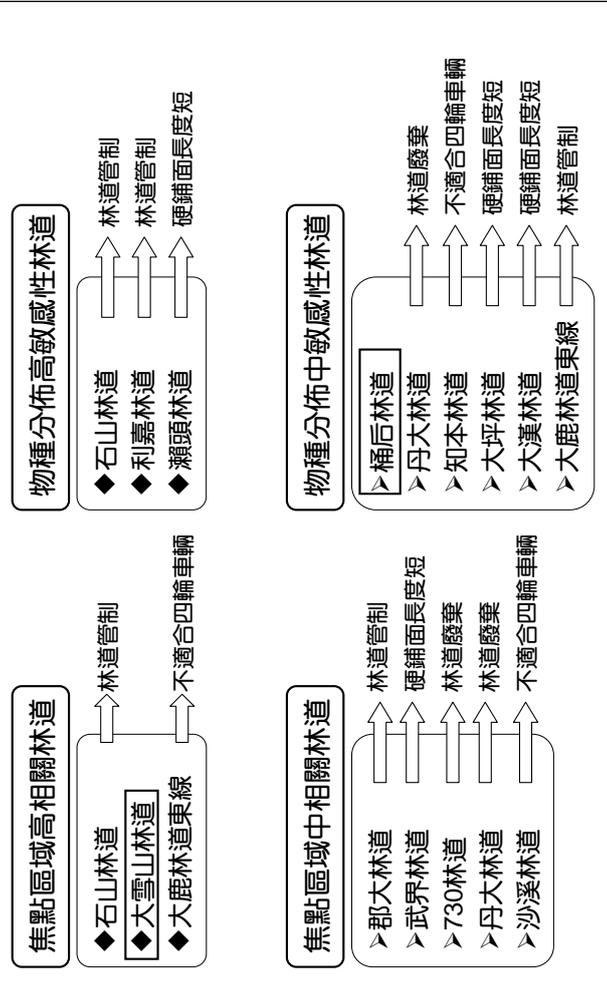
### 3.1 林班地內潛在道路致死敏感評估



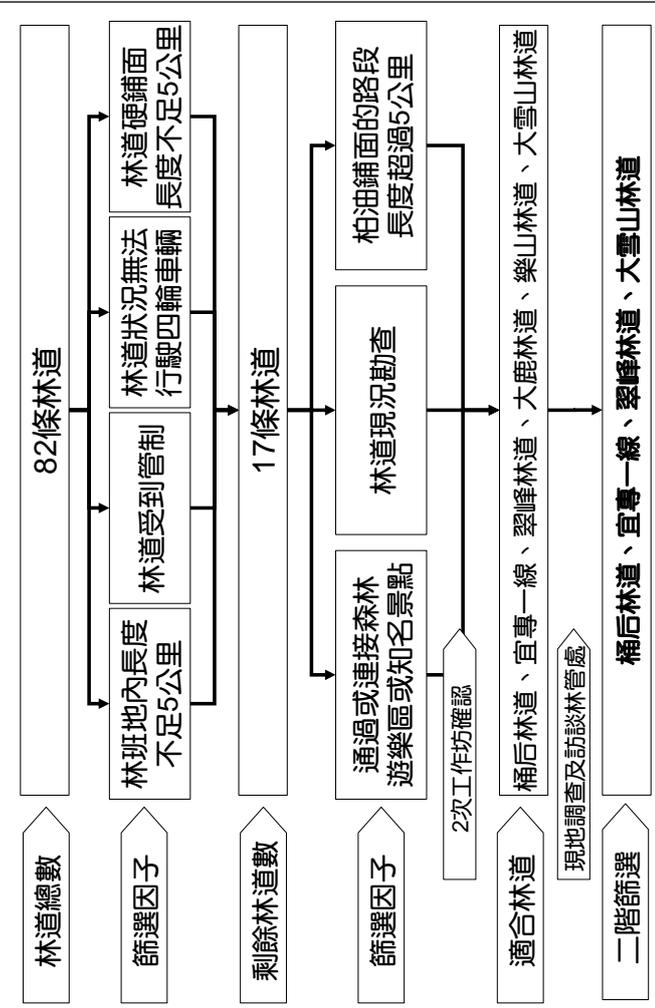
### 3.1 林班地內潛在道路致死敏感評估



### 3.1 林班地內潛在道路致死敏感評估



### 3.2 林道篩選 - 林道篩選流程





### 4.1 道路致死調查方法

路死調查方法：拍照、辨識、標定

- ◆ 行進方式：白天慢速騎乘機車調查(30km/h以下)
- ◆ 紀錄方法：GPS紀錄全程航跡，配合各路死相關照片資訊
- ◆ 作業流程：拍攝與判釋物種、個體資訊、路死位置、環境資訊
- ◆ 其他：屍體移除避免重複記錄，完整屍體捐贈蒐藏研究單位



### 4.1 道路致死調查方法

路死調查頻率 - 預計各進行27天次的調查

調查頻度 / 月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10
主調查 每月1次(1天)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
連續調查 每季1次(連續4天)			●						●
增設調查 每週1次(1天)				●	●	●	●	●	●

\* 100年11月開始前測

● 1天 ● 連續4天



調查進行頻率

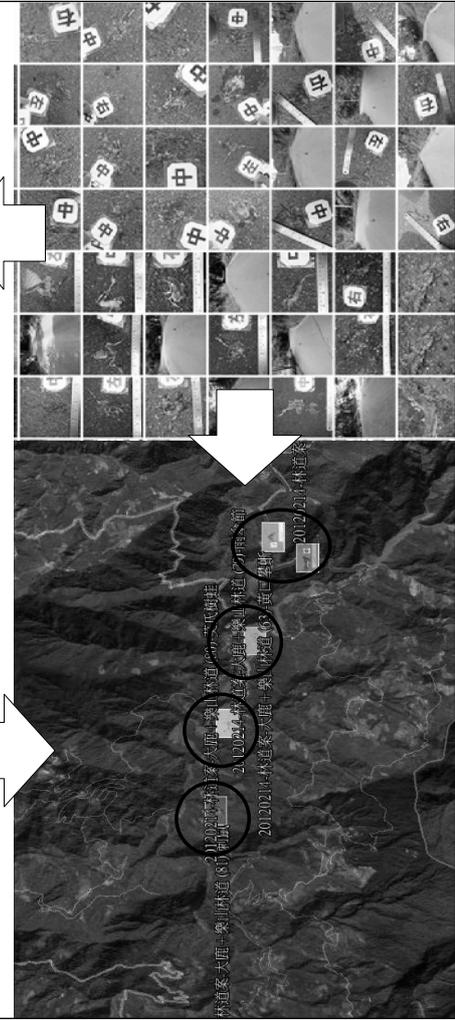
- ◆ 主調查：每月進行1次
- ◆ 連續調查：共3次的連續4日調查
  - 分析假日和非假日的車流量的影響
- ◆ 增設調查：共3次的每週調查
  - 補充收集路死動物資料

### 4.1 道路致死調查方法

路死調查結果匯入GIS

- 相片套疊航跡，產出路死動物座標，填寫調查記錄表

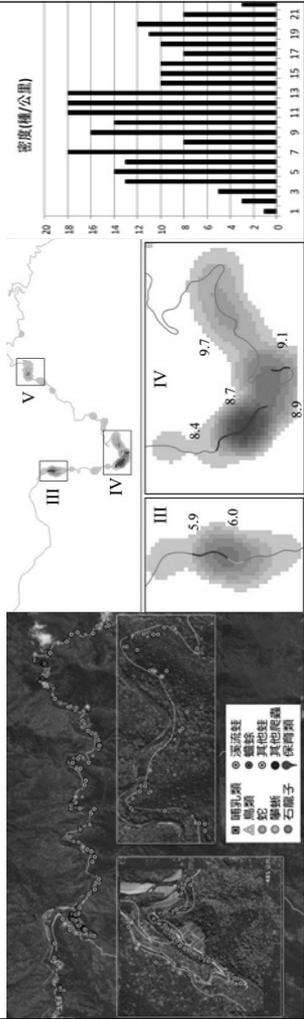
編號	年	月	日	時間	物種	里程	X	Y	座標座標	道路結構	路理位置	道路結構	物種	標定座標
R001	2012	2	13	12:31	灰山鵲	0.00	284454	2711927	285773, 2715842	E121.34000	N24.51142	右邊土路	右邊土路	次生林
R002	2012	2	13	13:42	黑腳鵲	7.8	287580	2711438	287560, 2711638	E121.37264	N24.50893	右邊土路	右邊土路	次生林



### 4.1 道路致死調查方法

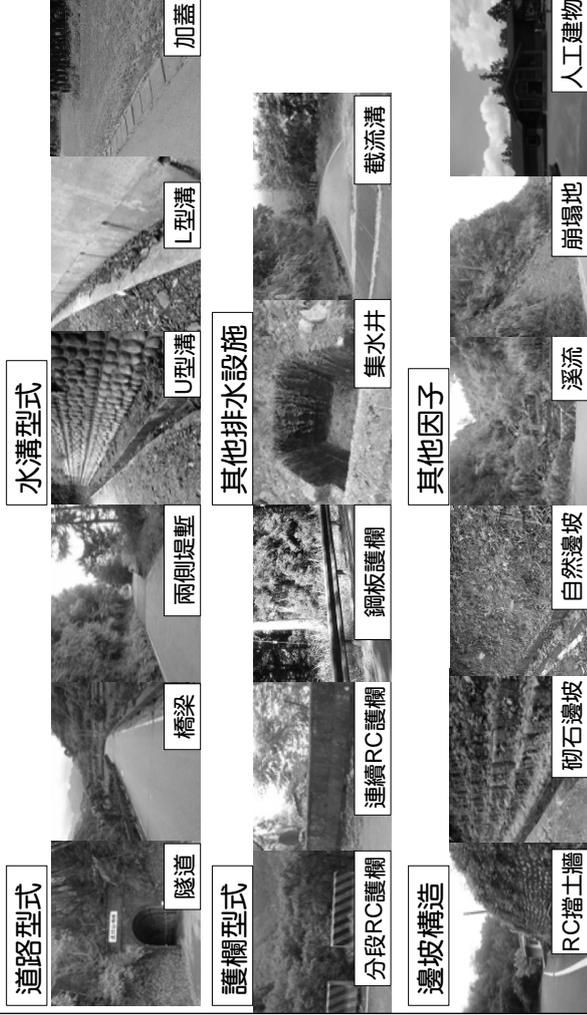
路死熱點分析方法

- ◆ 道路致死密度：平均每次調查每公里數量
- ◆ 熱點計算
  - 不分類群熱點：統計每百公尺所有路死動物累積數量
  - 各類群動物空間熱點：ArcGIS 10.0 空間分析工具
    - 核密度估計法 Kernel Density Estimation, KDE
    - 熱點顯著性分析 Hot Spot Analysis, Getis-Ord GI\*
  - 物種豐富性熱點：計算每百公尺所有路死動物種類數與組成
  - 保育類動物路死位置分布



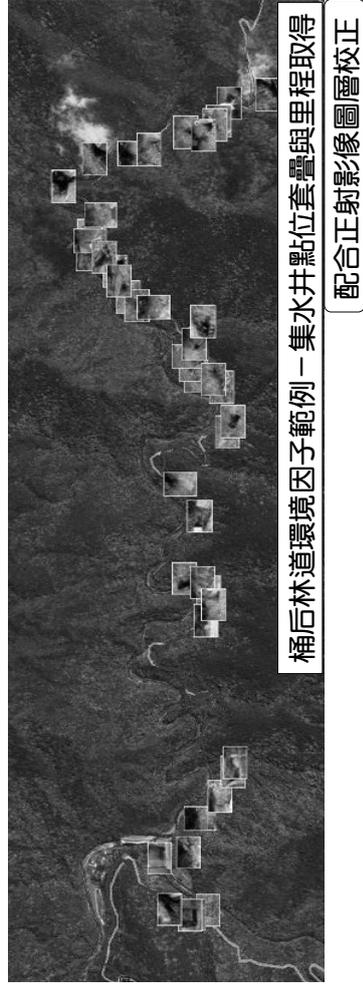
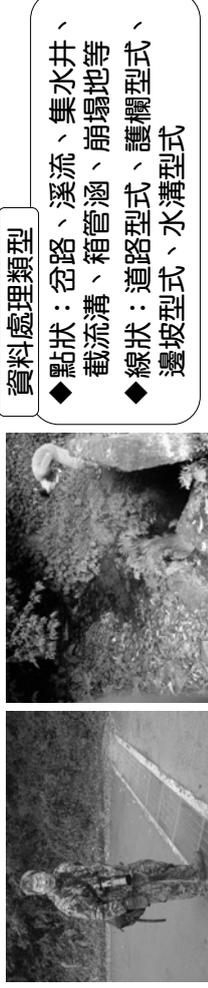
### 4.2 道路結構與環境因子調查

沿線道路結構與環境因子分類紀錄



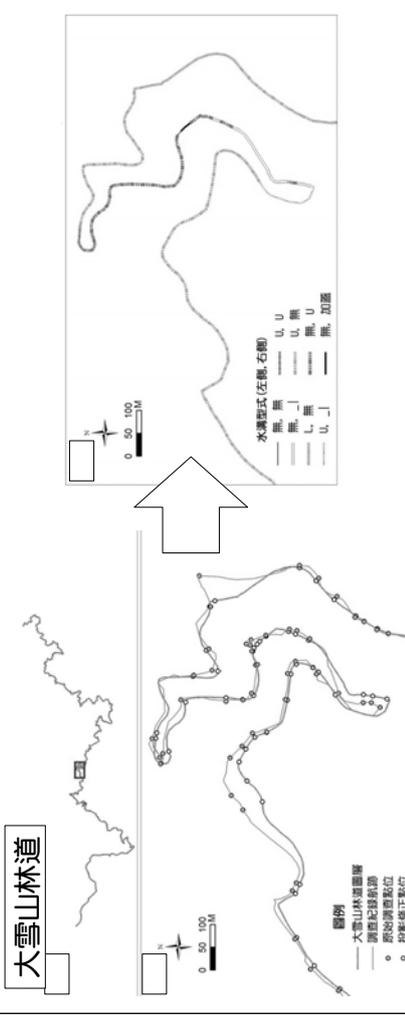
### 4.2 道路結構與環境因子調查

結構與環境因子調查結果匯入GIS



### 4.2 道路結構與環境因子調查

結構與環境因子建檔處理



- 環境調查點位記錄資料套疊圖層
- 原始調查點位進行投影修正

- 輸入既有線性圖層進行綜合分析
- 以左右側水溝型式組合為例

### 4.2 道路結構與環境因子調查

結構環境因子與路死點位相關性分析

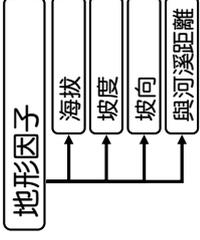
道路結構因子變數

項目	變數	說明
擋土牆	擋土牆間隔率%	邊坡RC牆土牆長度比率
	連貫型護欄%	連貫RC護欄長度比率
護欄	非連貫型護欄%	非連貫型護欄長度比率
	U型溝%	U型水溝路段長度比率
水溝	L型溝%	L型水溝路段長度比率
	堤壩%	半堤半壩路段長度比率
道路兩側型式	雙壩%	路壩路段所佔長度比率
	其他(橋)%	橋梁或房舍等長度比率

林道兩側50公尺土地利用類型比例

類別	內容	面積(%)
水域	溪流、溝渠與蓄水池	0.78
天然林	天然針闊葉林	59.57
人工林	針葉純林、竹葉純林或混合林	16.05
荒草地	草生地、崩塌地、裸露地等	2.71
人為活動	密集人為活動區，含果園、農地、建地、道路等	20.89
果園	果樹、苗圃、倉儲	1.63
農地	旱作與相關設施	8.85
建地	建築、設施、遊憩等用地	6.54
道路	道路與相關設施	3.87

圖層資料來源:2006年國土測繪中心



- 廣義線性模式分析(GLMs)
- 選取卜瓦松分布模式進行迴歸分析

### 5.1 各林道現況說明

林道	規格	全長 (km)	海拔 (m)	聚落	管制	96-100年 森林遊樂區 每月遊客量統計	景點、停車點
桶后	丙種林道	13	230 - 450	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>乙種入山證OK</li> <li>林務局管制站1k</li> <li>週末及每年5-10月總量管制</li> </ul>	8/14起封閉	溪流遊憩點1k、11k、12k 桶后越嶺步道13k
大雪山	甲種林道	50 *13k 後才 進入 林班 地	350 - 900 - 2580	中坑村	<ul style="list-style-type: none"> <li>遊樂區收費站35k</li> <li>森林遊樂區夜間禁止車輛出入</li> <li>森林遊樂區總量管制每日2200人次</li> </ul>	遊客量 1480-25715(9609)人次 車輛 307-6451(2468)輛次 住宿 541-3785(1786)人次  6月至8月 共封閉10天	大雪山社區14k 大樺派出所15k 寶島平台23k 黑崎精來小雪山國家步道27k、35k、43k、49k 收費站停車場35k 船型山莊41k 遊客服務中心43k 寶島區47k 觀景台48k 小雪山遊客中心50k
宜專一	公路系統 雙車道	24.5	380 - 1850	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>遊樂區收費站2k</li> <li>森林遊樂區夜間禁止車輛進入</li> <li>春節期間動態總量管制每日3000人次</li> </ul>	遊客量 8008-62782(29492)人次 車輛 1625-12404(5879)輛次 住宿 1059-7746(5014)人次  6月至9月 共封閉31天	鳩之澤自然步道3.3k 遊客中心7k 見興樓古步道22.3k 太平山莊24.2k 鐵杉林步道 茂興步道 三疊瀑布步道
翠峰	山嶺區六級單車道	16.5	1850 - 2060	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>遊樂區收費站</li> <li>森林遊樂區夜間禁止車輛出入</li> <li>乙種入山證OK</li> <li>林務局管制站OK</li> </ul>	6月至9月 共封閉46天	望法山步道 翠峰湖步道 平元自然步道 台灣山毛櫸步道

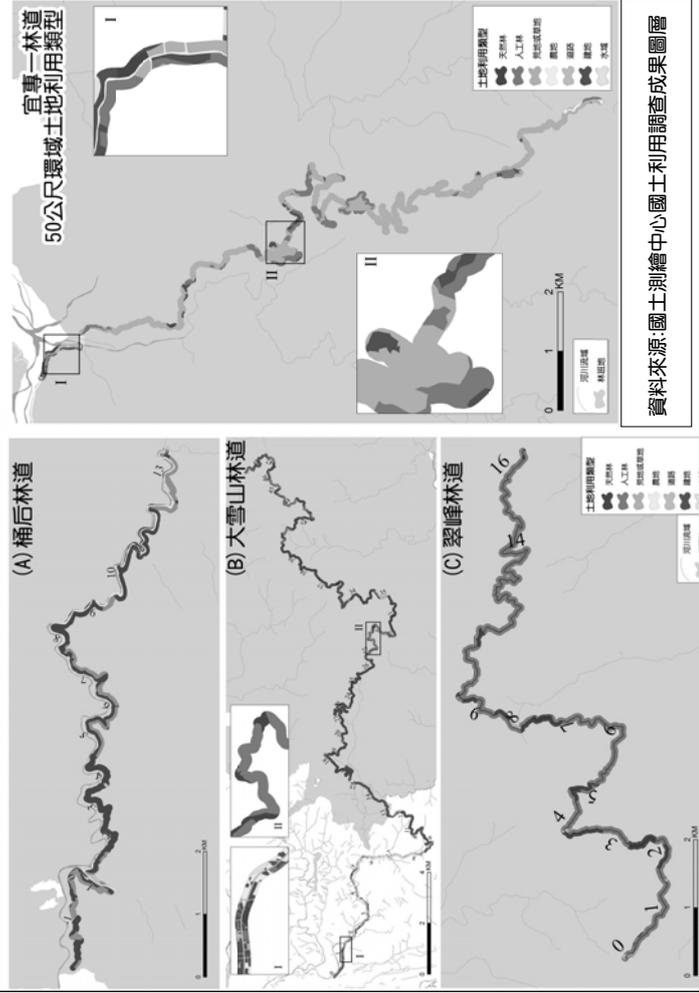
### 五、物種類群結果

（此處為物種類群結果的圖表或文字說明區域，內容在提供的圖片中未顯示具體數據。）

### 5.2 各林道調查結果—科種數量統計

類群	統計項目	桶后	大雪山	宜專一	翠峰	大鹿	樂山	總計
鳥類	科數統計	0	14	1	2	0	0	14
	種類數統計	0	16	0	1	0	0	17
	無法辨識屍體數量	0	23	2	2	0	0	27
哺乳類	數量統計	0	48	2	3	0	0	53
	科數統計	3	5	2	2	0	1	5
	種類數統計	3	9	3	4	0	1	13
兩棲類	無法辨識屍體數量	1	6	4	1	4	0	16
	數量統計	7	27	7	5	4	1	51
	科數統計	3	4	3	2	3	1	4
爬蟲類	無法辨識屍體數量	107	210	56	2	23	0	398
	數量統計	317	1209	203	41	54	1	1825
	科數統計	5	9	7	4	8	2	9
無類	無法辨識屍體數量	7	75	6	0	10	0	98
	數量統計	69	356	97	18	46	4	590

### 5.1 各林道現況說明 — 土地利用圖



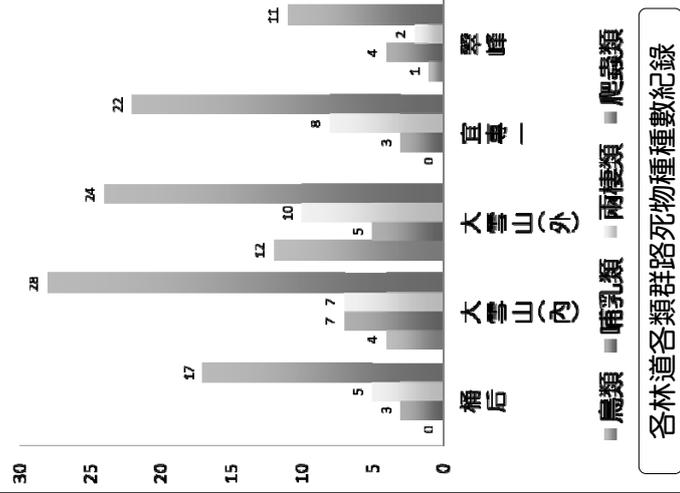
## 5.2 各林道調查結果－調查次數與道路致死密度計算

● 共計進行139天次調查，累積2519筆路死紀錄

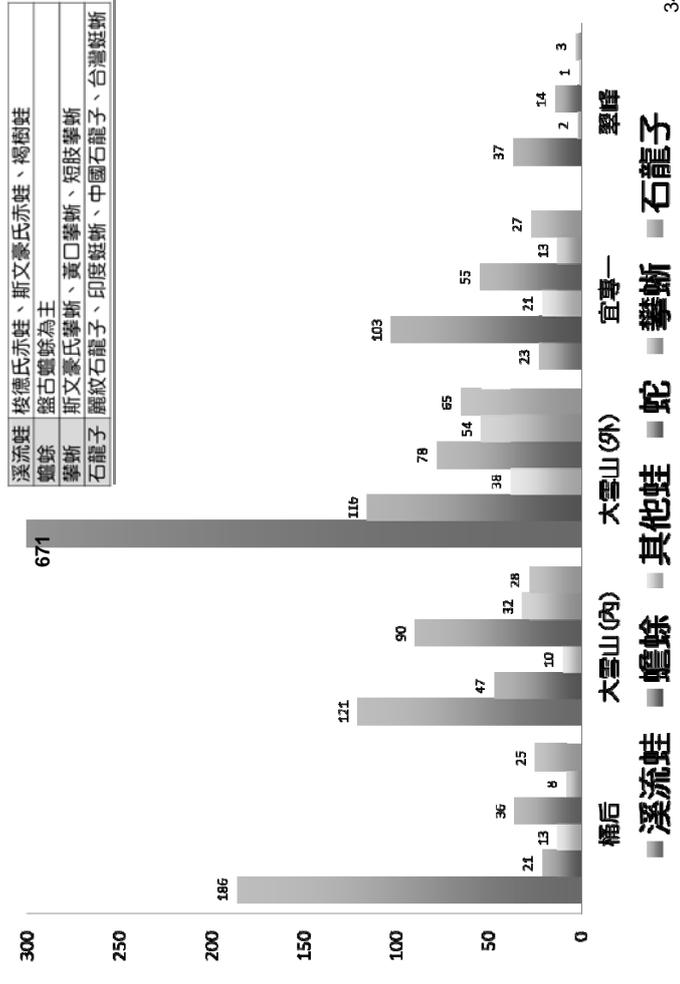
林道	月份	次數	調查長度 (km)	總調查長度(次*km)	路死密度(隻次/公里)					
					數量	總計	鳥類	哺乳類	兩棲類	爬蟲類
桶后	100/11	30	15.62	468.45	393	0.84	0	0.01	0.68	0.15
	102/10									
大雪山	100/12	30	48.91	1467.15	1640	1.12	0.03	0.02	0.82	0.24
	101/10									
宜專一	101/1	31	25.61	793.94	309	0.39	0	0.01	0.26	0.12
	101/10									
翠峰	101/1	30	16.49	494.55	67	0.14	0.01	0.01	0.08	0.04
	101/10									

11/6 大雪山林道補充調查記錄兩棲類60隻、爬蟲類12隻、哺乳類2隻

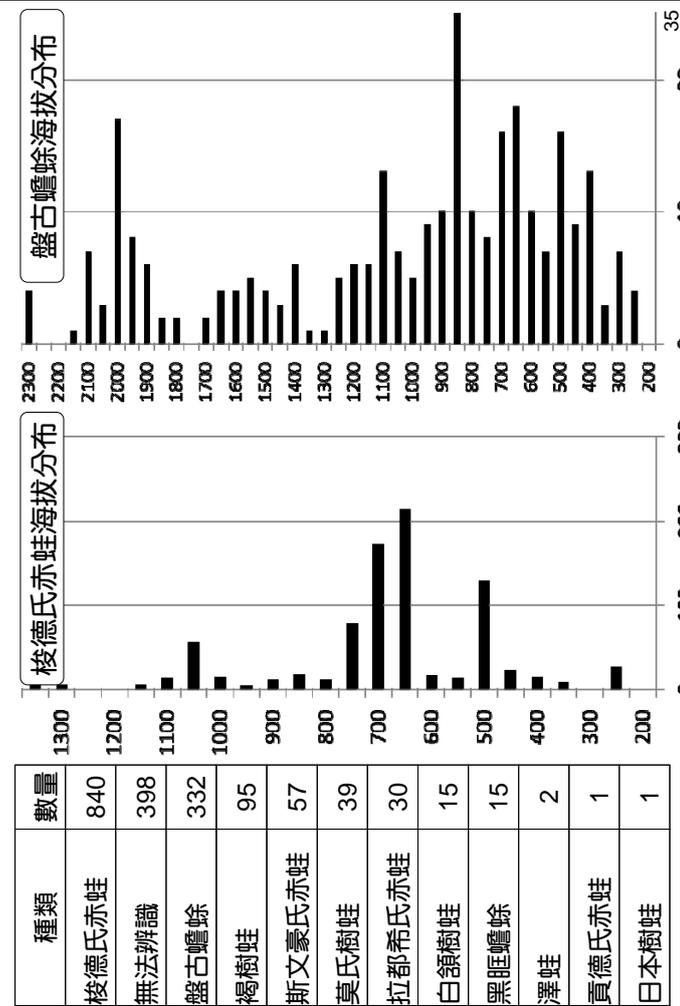
## 5.2 各林道調查結果－各林道種類數量比較



## 5.2 各林道兩棲爬蟲類群細項數量比較



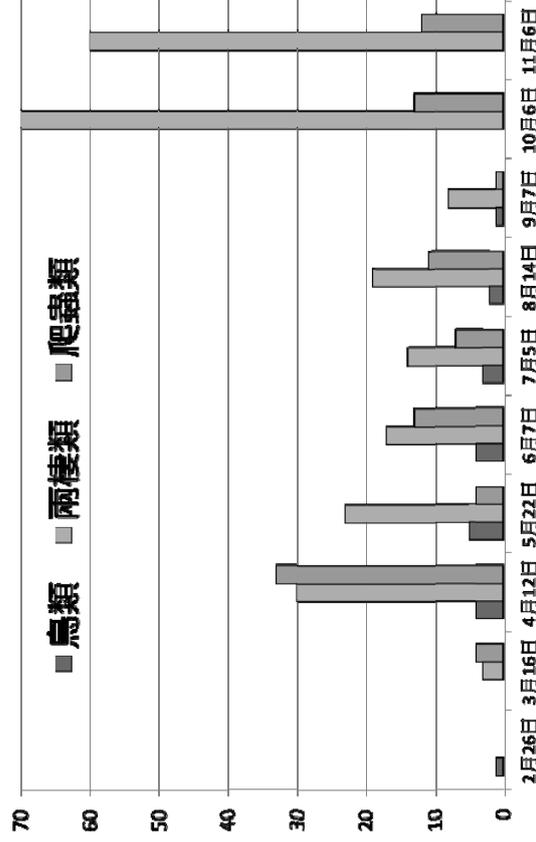
## 5.3 各動物類群結果－兩棲類





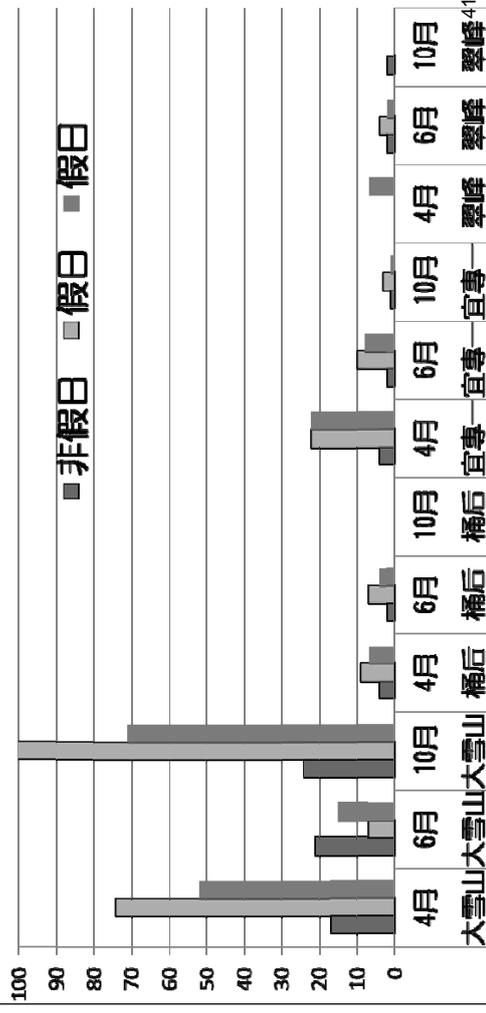
### 5.5 大雪山林道各月份各動物類群路死數量變化

- 各月份挑選一次非假日結果比較
- ◆ 兩棲類與爬蟲類於4月開始增加，鳥類於春季稍多
- ◆ 兩棲在10月和11月有高峰，爬蟲類10月開始亦有增加



### 5.6 假日與非假日比較

- 林道管制或封閉時路路死量明顯減少且路旁較多動物物活動
- 假日路路死量較大，假日第一天路路死量通常大於第二天
- ◆ 活動類型不同會造成不同時間有不同影響，缺少詳細車流量比較
- ◆ 調查人員誤差、調查前後氣候狀況影響

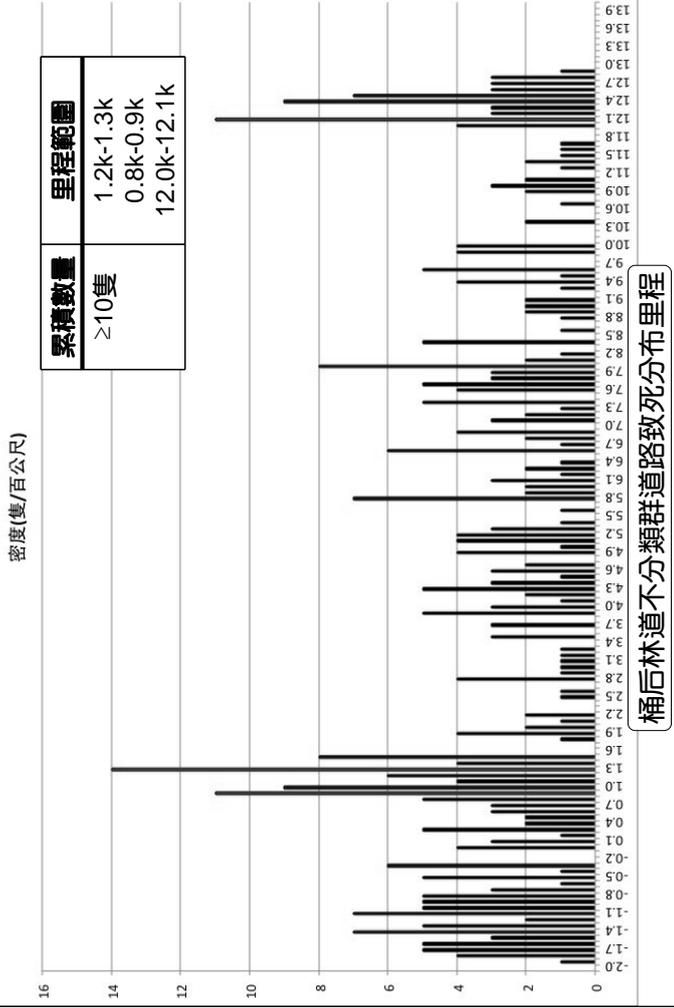


### 5.7 物種類群結果摘要

- 桶后、宜專一和翠峰林道調查結果受颱風封園影響明顯，僅大雪山林道資料較完整豐富。
- 林班地或森林遊樂區內多有管制措施，遊客夜間進出不易，路死課題相對較輕微。
- 本計畫進行139天次調查，發現32科87種2519筆路死記錄，其中7成以上紀錄為兩棲類，主要為梭德氏赤蛙和盤古蟾蜍2種。爬蟲類數量佔2成3，鳥類和哺乳類均少。
- 第二級保育類有7種22隻，第三級保育類有11種59隻，保育類中以短肢攀蜥(19)最多，其次為羽鳥氏帶紋赤蛇(14)。
- 各林道海拔範圍和緯度位置影響路死物種組成。
- 各次調查各類群動物數量受物種生活史和調查日前後氣候氣象狀況等因素影響，目前樣本數不足以探討物種族群或路死數量月變化趨勢。
- 週末遊客量增加可能是造成週六至週一路路死量較大的原因之一。

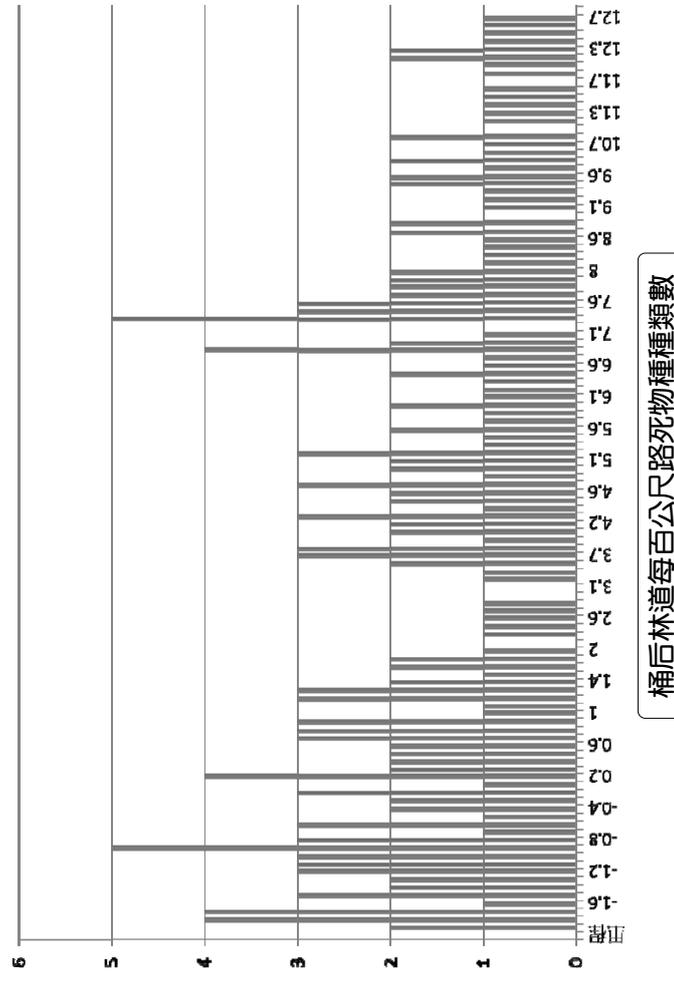
### 六、熱點分析結果

### 6.1 桶后林道 - 不分類群數量分布



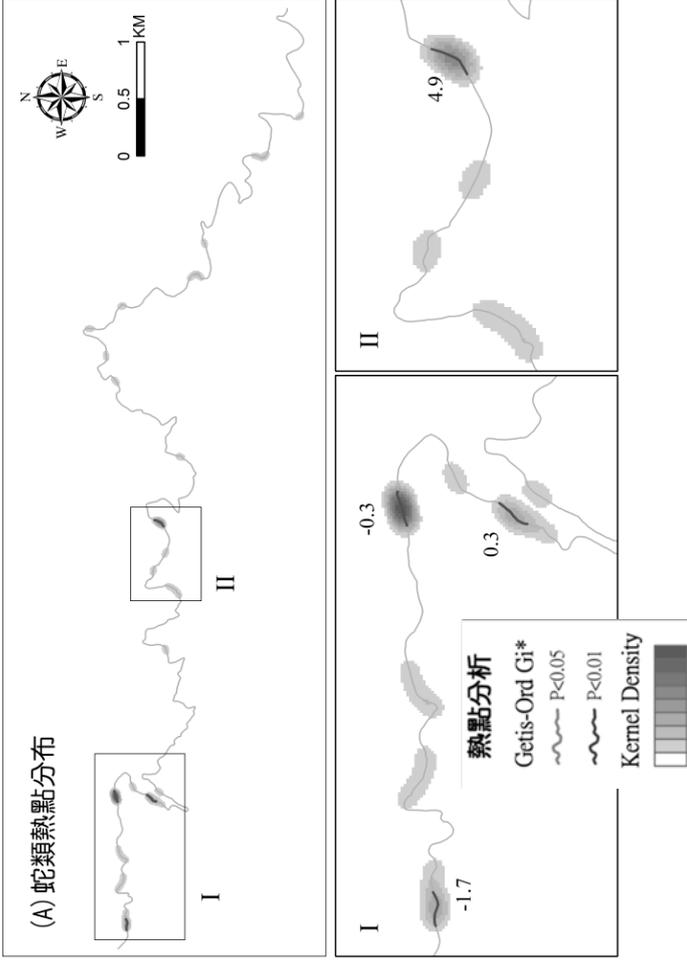
桶后林道不分類群道路致死分布里程

### 6.1 桶后林道 - 各里程路死物種多樣性



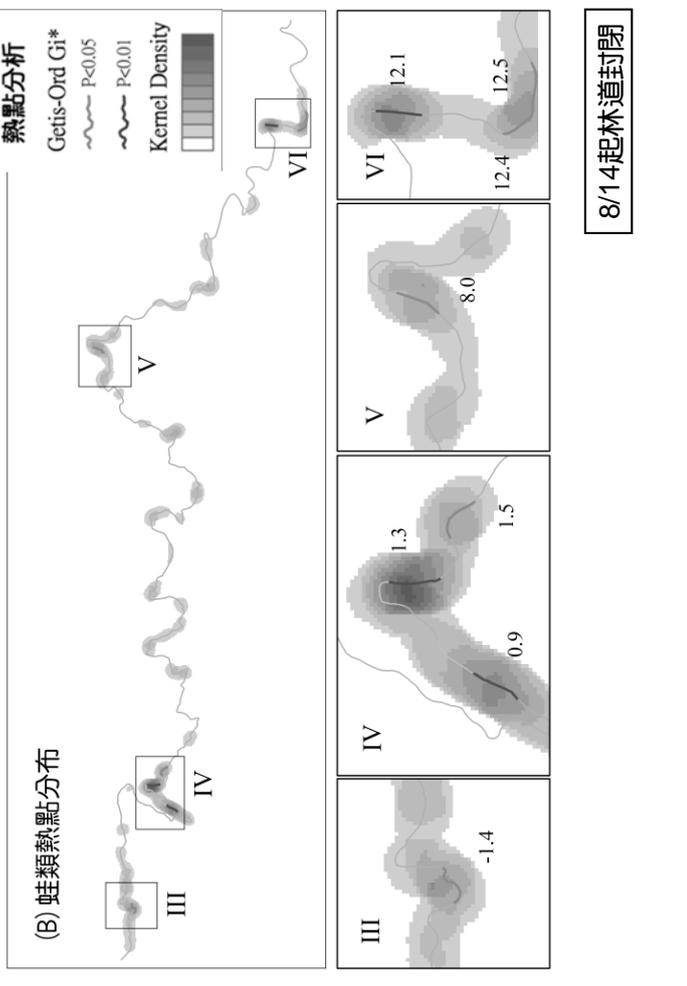
桶后林道每百公尺路死物種種類數

### 6.1 桶后林道 - 蛇類熱點空間分布



(A) 蛇類熱點分布

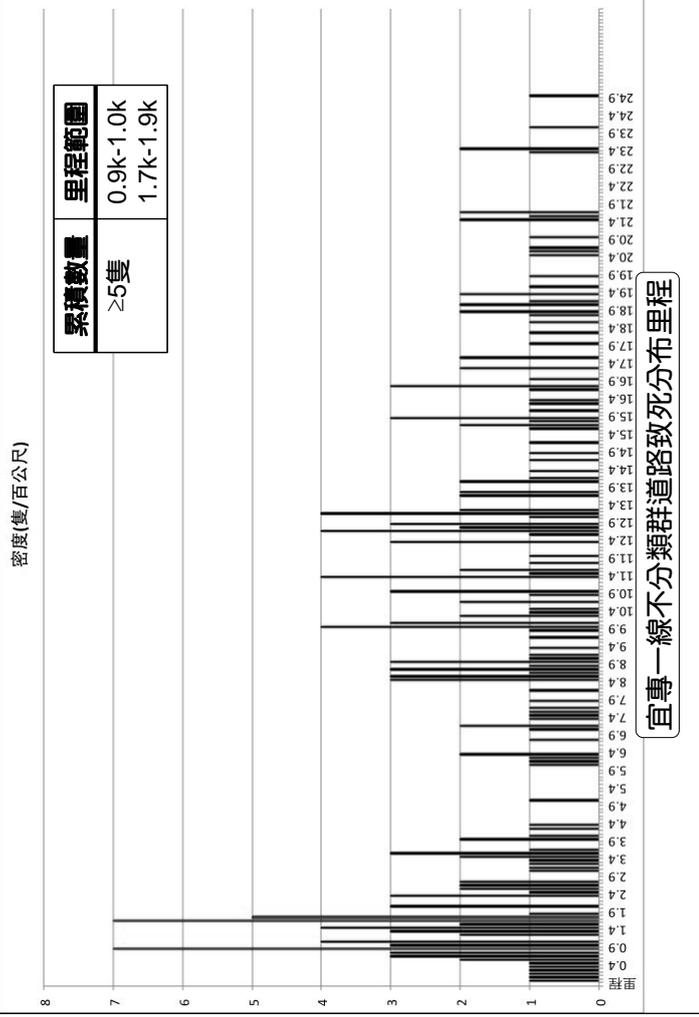
### 6.1 桶后林道 - 兩棲類熱點空間分布



(B) 蛙類熱點分布

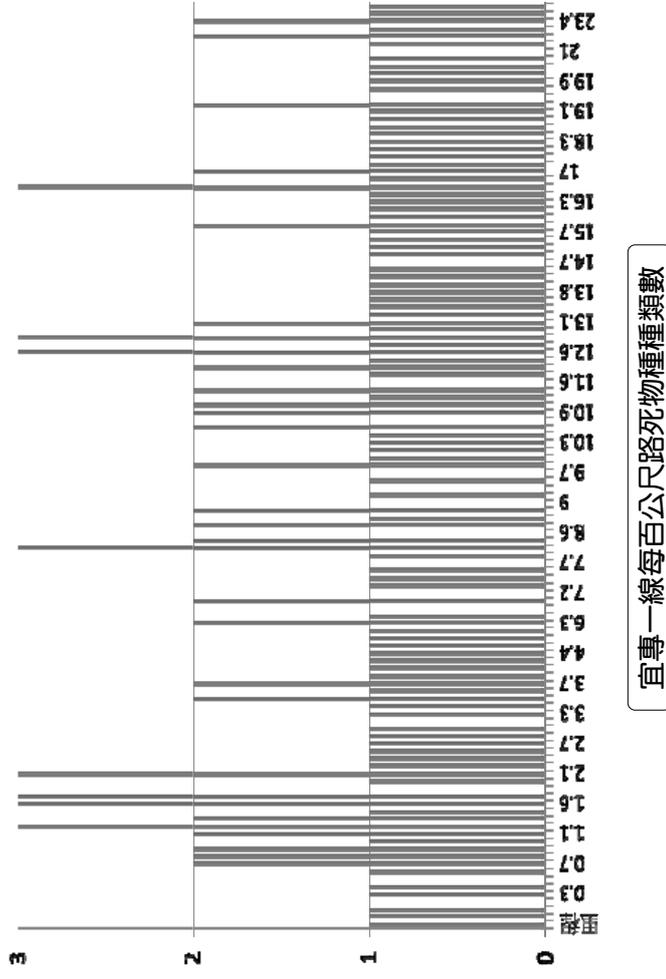
8/14起林道封閉

## 6.2 宜專一線 - 不分類群數量分布



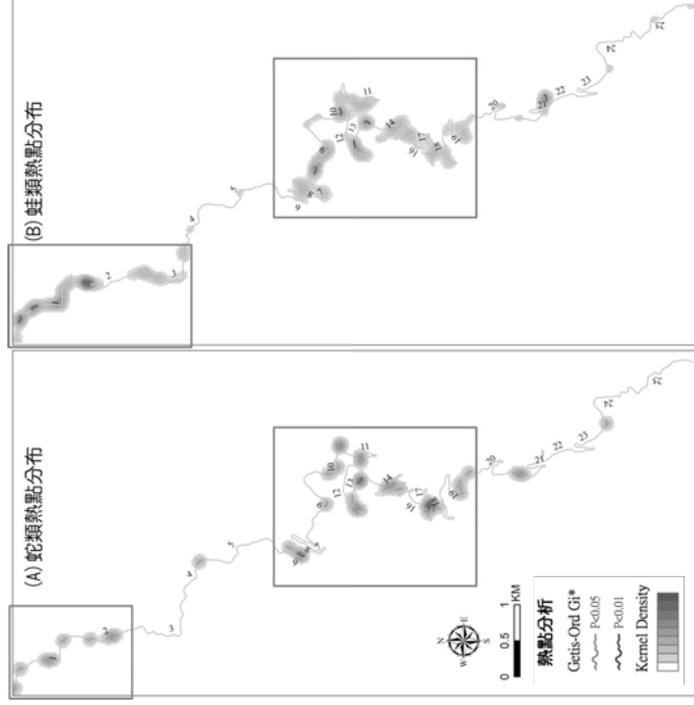
宜專一線不分類群道路致死分布里程

## 6.2 宜專一線 - 各里程路死物種多樣性

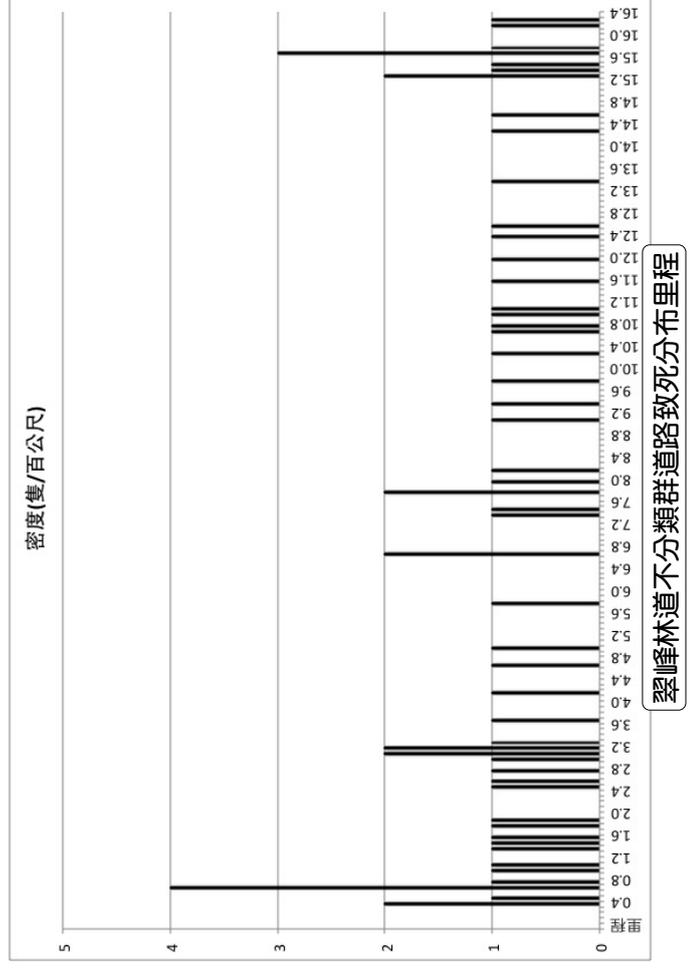


宜專一線每百公尺路死物種種類數

## 6.2 宜專一線 - 蛇類和兩棲類熱點空間分布

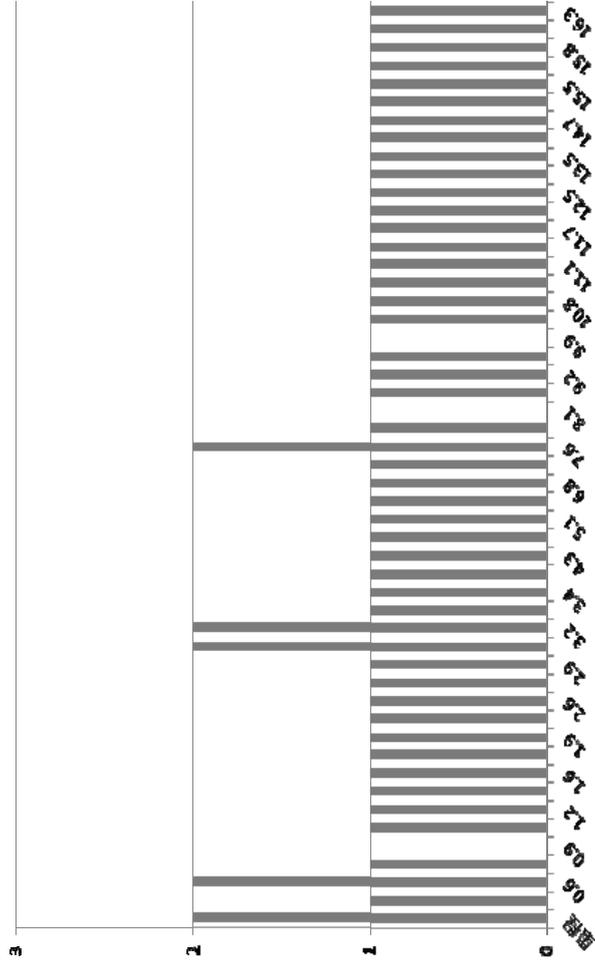


## 6.3 翠峰林道 - 不分類群數量分布



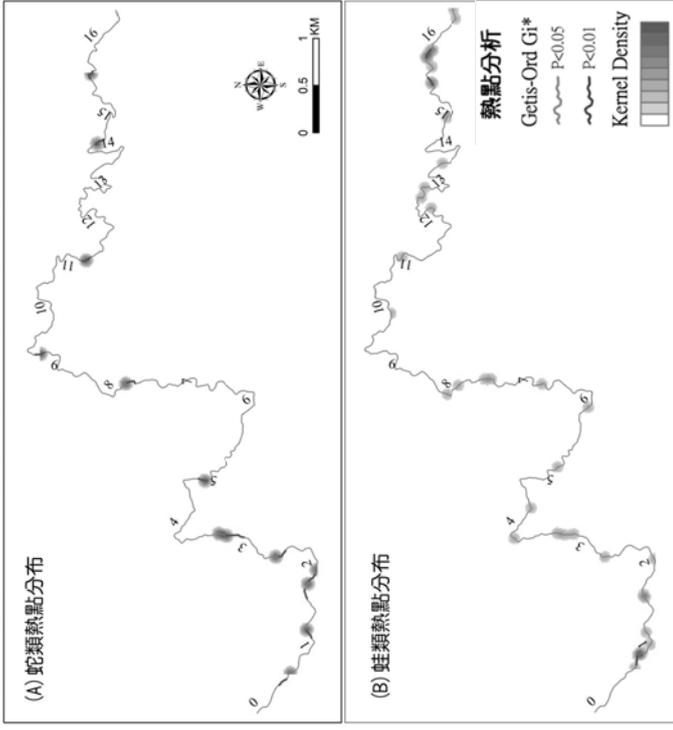
翠峰林道不分類群道路致死分布里程

### 6.3 翠峰林道—各里程路死物種多樣性

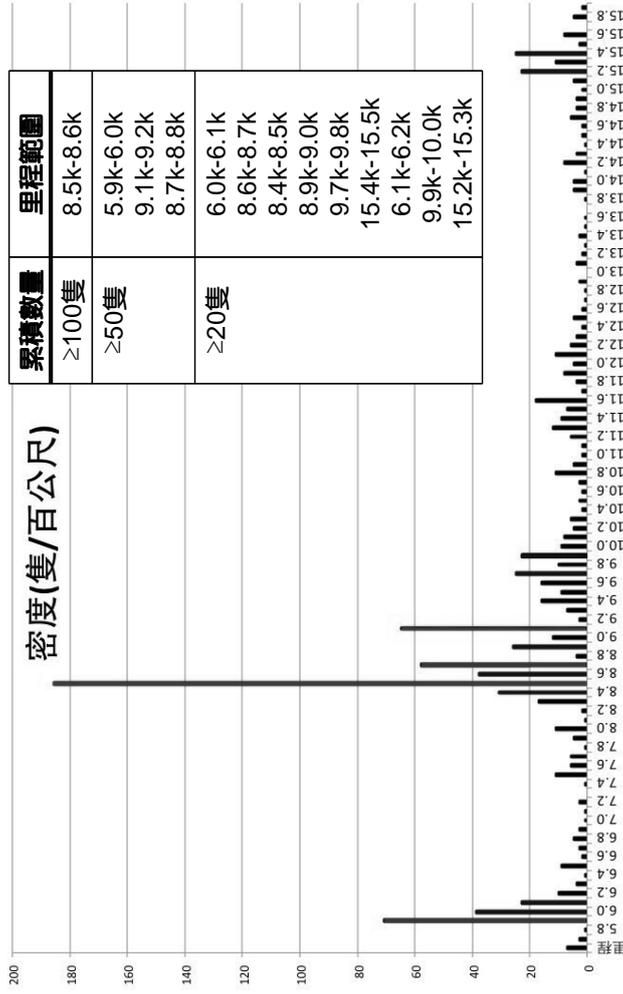


翠峰林道每百公尺路死物種類數

### 6.3 翠峰林道—蛇類和兩棲類熱點空間分布

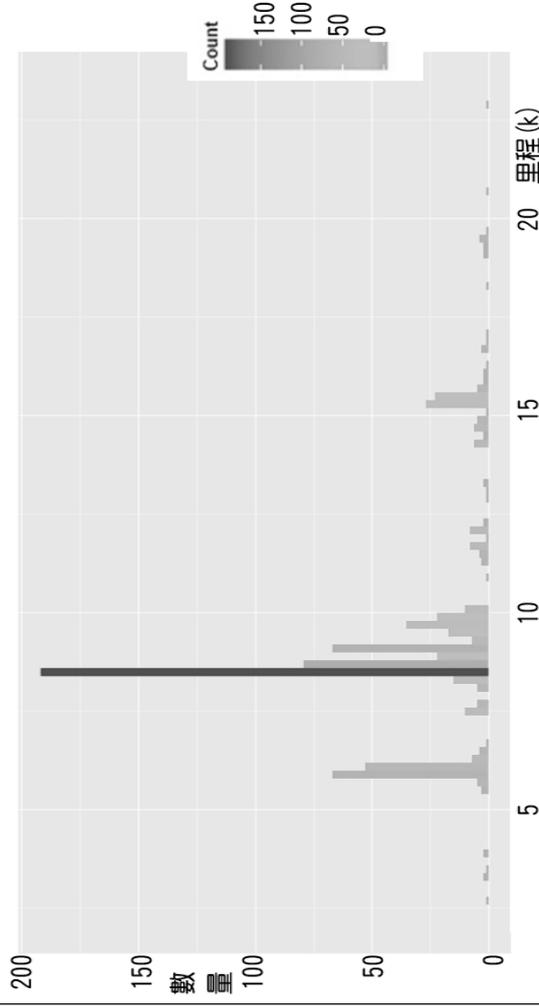


### 6.4 大雪山林道—不分類群數量分布



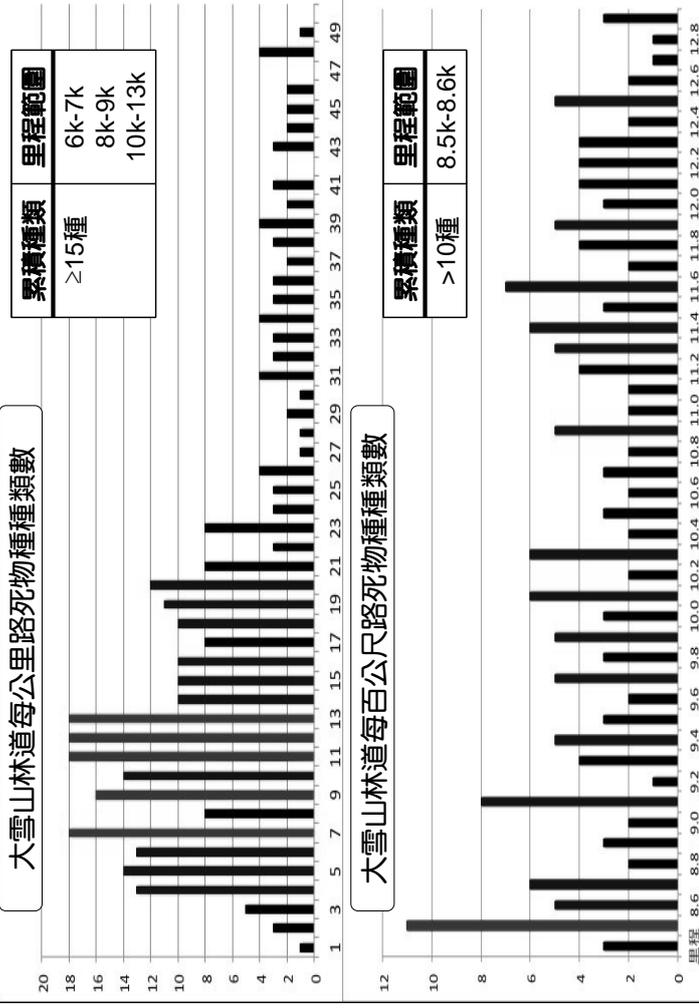
大雪山林道不分類群道路致死分布里程

### 6.4 大雪山林道—梭德氏赤蛙路死分布

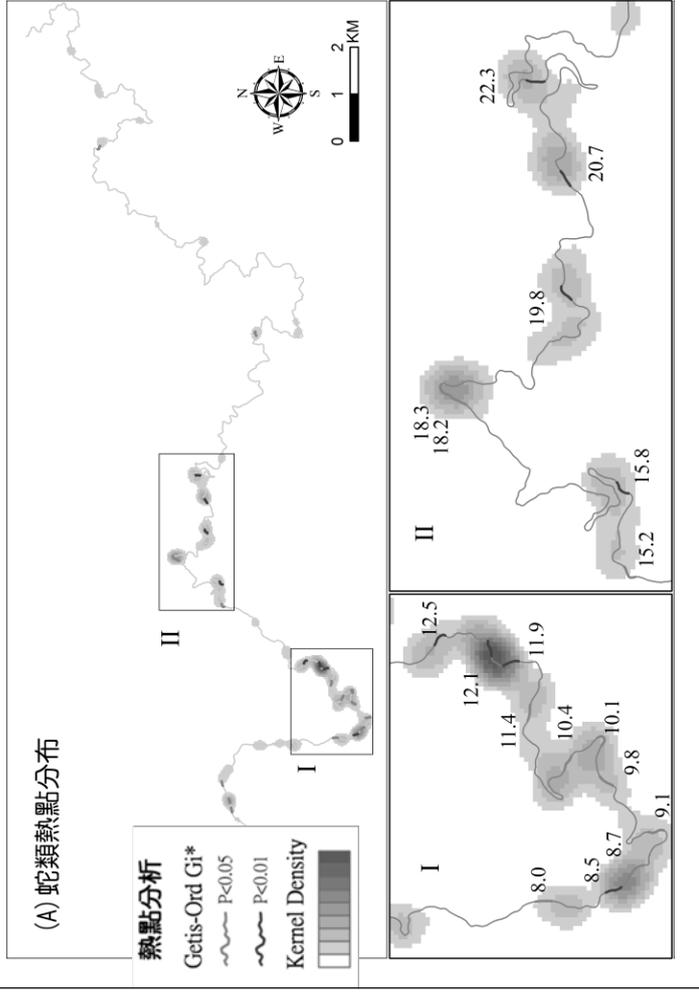


大雪山林道9月-10月梭德氏赤蛙路死數量與分布里程

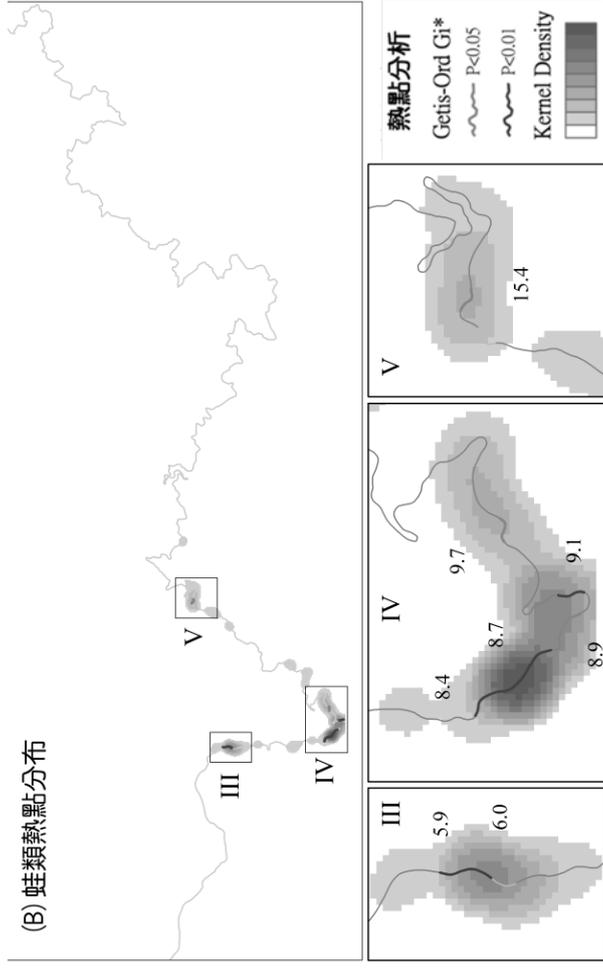
## 6.4 大雪山林道—各里程路死物種多樣性



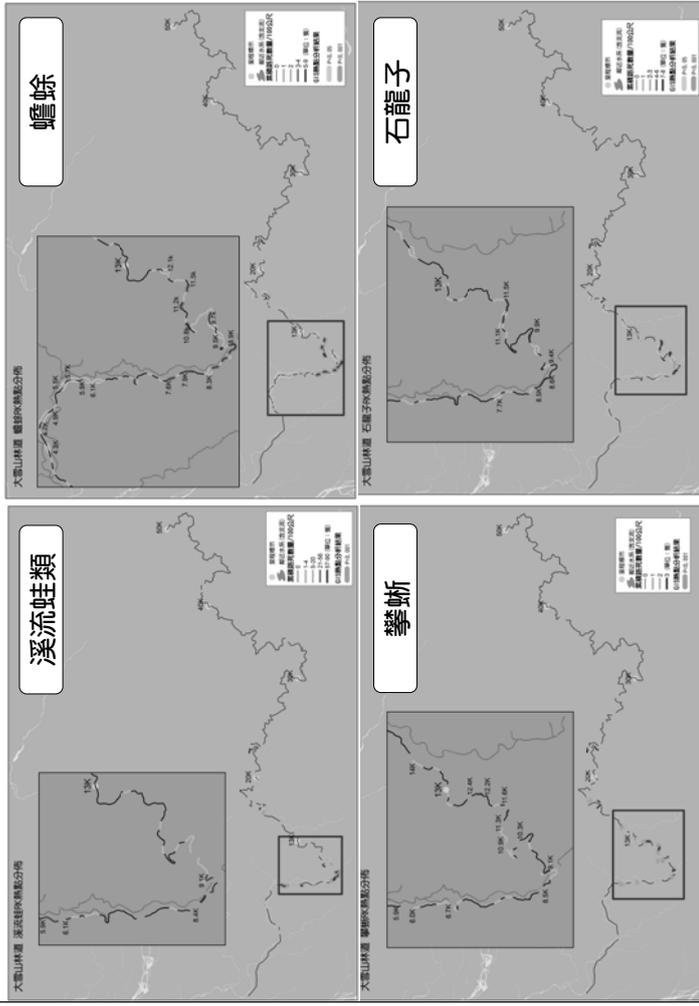
## 6.4 大雪山林道—蛇類熱點空間分布



## 6.4 大雪山林道—兩棲類熱點空間分布

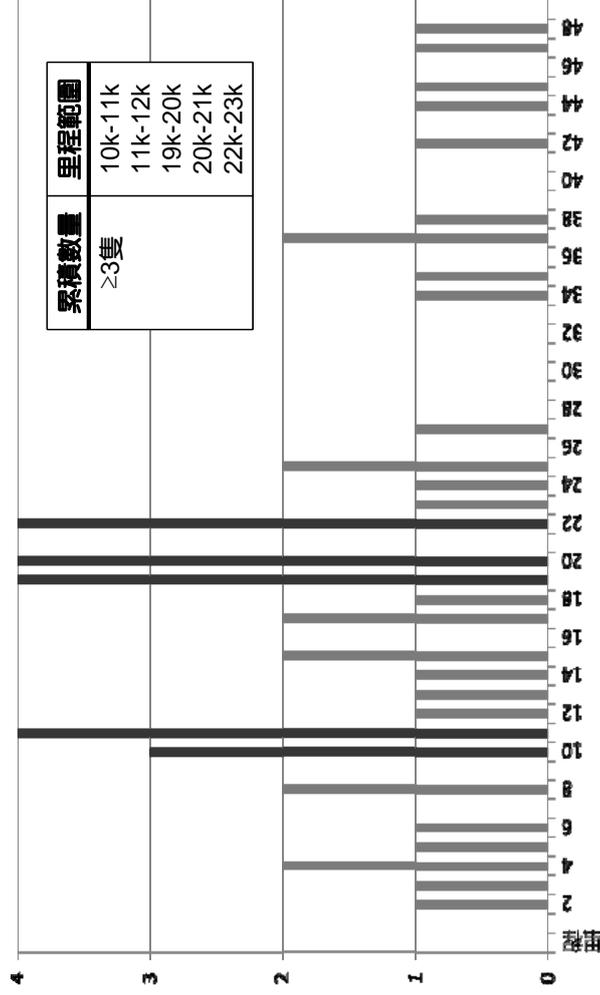


## 6.4 大雪山林道—兩棲爬蟲各類群熱點空間分布



## 6.4 大雪山林道—保育類分布

60



大雪山林道每公里保育類動物路路死數量

## 6.5 大雪山林道路路死熱點成因探討—相關性分析

### ● 道路結構與環境相關性迴歸分析顯著因子

大雪山林道全線

大雪山林道4K-25K

解釋因子	迴歸係數	P
L型溝%	-7.5e-03	*
海拔	-1.5-03	***
坡度	4.5e-02	***
天然林%	-1.1e-04	***
坡度	-0.03	*
建地%	-0.0003	*
海拔	3.9e-03	**
坡度	2.6e-01	***
天然林%	5.4e-04	*
海拔坡度交感	-2.9e-04	***

解釋因子	迴歸係數	P
路旁設施阻隔率%	-1.1-02	*
天然林%	-1.1e-04	***
(交互作用)	9.0e-07	*
海拔	-3.2e-03	***
人為干擾%	-4.6e-02	***
(交互作用)	4.6e-05	*
海拔	-5.0e-03	***
人為干擾%	-5.4e-02	***
荒草地%	7.1e-04	*
海拔人為干擾交感	6.4e-05	*

## 6.5 大雪山林道路路死熱點成因探討—熱點路段勘查

62

### ● 連續混凝土護欄

- ◆ 蛇類熱點路段大多包含或緊鄰
- ◆ 蛙類熱點路段部分包含或緊鄰
- ◆ 阻擋動物離開道路動線
- ◆ 增加動物滯留路面時間



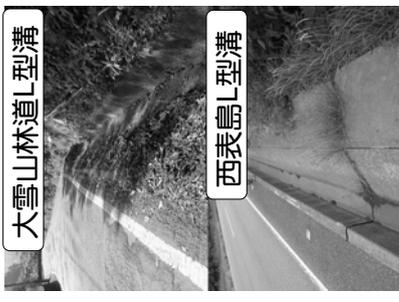
連續混凝土護欄路段

## 6.5 大雪山林道路路死熱點成因探討—熱點路段勘查

63

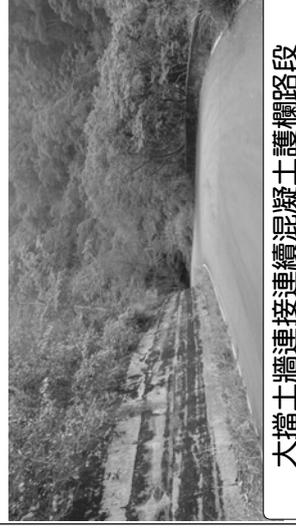
### ● 大擋土牆

- ◆ 蛇類熱點路段大多包含或緊鄰
- ◆ 切割動物穿越道路動線
- ◆ 可能導引動物於末端集中穿越道路
- ◆ 新設擋土牆常配合L型溝設計，動物不易離開路面
- ◆ 大擋土牆常鄰近連續混凝土護欄



大雪山林道L型溝

西表島L型溝



大擋土牆連接連續混凝土護欄路段



擋土牆末端可能形成動物穿越集中處

## 7.1 討論與結論

- 各林道調查結果與道路致死密度
  - ◆ 大雪山林道長度長、涵蓋海拔廣、風災影響短且林班地僅部分管制，使道路致死數量、種類、密度均為調查林道最高。
  - ◆ 大雪山林道林班地外道路致死密度(3.2隻/公里\*次)與陽明山國家公園(2008)道路致死密度(3.47隻/公里\*次)接近。
  - ◆ 宜專一線和翠峰林道爬蟲類道路致死密度較曾(2008)高。
- 林道道路致死種類與物種
  - ◆ 山區道路致死課題以兩棲類(數量龐大)與爬蟲類(種類豐富)為主。
  - ◆ 盤古蟾蜍、黃口攀蜥、印度蜓蜥、青蛇、台灣鈍頭蛇和赤尾青竹絲為本計畫和相關研究共同的最優勢種類。
- 道路致死與繁殖活動
  - ◆ 秋冬季進行繁殖遷徙的梭德氏赤蛙大量路死為重要課題。
  - ◆ 相關國外文獻亦指出兩爬路死具高峰季節，常與遷徙活動相關。
  - ◆ 尚有記錄其他攀蜥與蛇類抱卵紀錄，以短肢攀蜥較多。

## 七、結論與對策建議

## 7.1 討論與結論

- 各林道道路致死熱點
  - ◆ 桶后林道資料受風災影響，以0.8K-1.5K和12.0-12.5K為主要熱點
  - ◆ 宜專一與翠峰資料受風災影響，路死熱點少且分布零星
  - ◆ 大雪山林道8.5K-9.0K同時為兩棲類與蛇類空間熱點
  - ◆ 桶后林道建議優先評估改善路段：0.9K、1.3K、12.1K
  - ◆ 大雪山林道建議優先評估改善路段：8.5K-8.6K
- 林道道路致死種類與環境因子相關性
  - ◆ 初步以調查資料最完整之大雪山林道進行相關性分析
  - ◆ 目前分析模式各因子對道路致死解釋效力較低
  - ◆ 將於第二年持續檢討分析較為合適之分析尺度與因子
- 林道及林班地內道路致死課題
  - ◆ 管制與否(風災影響、收費站前後)對道路致死數量具有影響
  - ◆ 特定季節需穿越或聚集到路旁之種類為最敏感物種
  - ◆ 偏好傍晚或清晨活動物種為潛在敏感物種
  - ◆ 擋土牆或連續混凝土護欄可能為道路致死潛在原因

## 7.2 對策建議－持續性資料蒐集

### 道路致死回報系統

- 加載維斯分校網站
- 美國跨部會科學人員回報系統
- 美西交通局民眾回報網站
- 加拿大網路互動平台

- 強調GIS系統運用重要性
- 建置資料庫供大量資料儲存分析
- 利用網際網路作為資訊平臺
- 需長期進行軟能累積足夠資訊

### 道路致死資訊累積

- 瑞典麋鹿車禍資料分析
- 美國國家高速公路合作計畫
- 佛羅里達州地理資訊系統評估
- 兩棲爬蟲道路致死熱點分析

- 常為跨領域(工程專業與生態專業)合作
- 利用車禍資料或民眾回報
- 協助改善措施設置考量與評估
- 可嘗試結合既有清潔人員作業內容



## 7.2 對策建議 – 遊客宣導與調查參與試驗操作

- 7月底開始陸續於大雪山林道發放「林道路死動物調查工作」宣導調查表共850份(桶后、宜專一、翠峰林道封閉)
- 大棟派出所、雪山派出所、遊客服務中心、小雪山資訊站
- 請林管處、遊客中心員工、志工、替代役、警員協助宣導

**林道路線里程**

**調查注意事項**

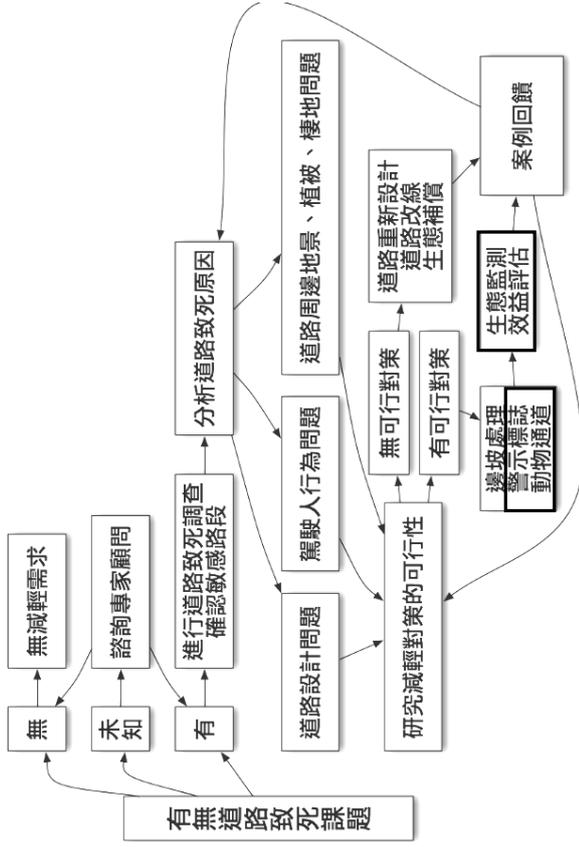
**道路致死課題說明**

**道路致死結果統計**

**道路致死記錄表格**

## 7.2 對策建議 – 課題評估與決策程序參考

- 野生動物道路致死減輕：資訊工具 (Magnus 2006)



## 7.2 對策建議 – 各類減輕對策回顧

- 北美野生動物通道設計與評估手冊 (Clevenger & Huijser 2009)-1
- 降低道路對野生動物衝擊的措施種類

目標	促進棲地與野生動物族群連接	改善行車安全與減少車輛撞擊野生動物	目標
<b>跨越式通道</b> 景觀橋 跨越式通道 多用跨越通道 樹冠通道	<b>穿越式通道</b> 高架橋或跨越橋 大型哺乳類穿越通道 穿越通道結合排水設施 中小型哺乳類穿越通道 改良式排水通道 兩爬通道	<b>特殊措施</b> 大型動物圍籬 中小型管樁動物圍籬 圍籬出口與院逃設施 告示 動物-載具偵測系統 降低車速 照明 反光標式	<b>既有結構改善</b> 改善道路結構設施(圍籬、截流溝、護欄)提供動物移動 增加中央安全島寬度
<b>跨越式通道</b> 景觀橋 跨越式通道 多用跨越通道 樹冠通道	<b>促進棲地與野生動物族群連接</b> 高架橋或跨越橋 大型哺乳類穿越通道 穿越通道結合排水設施 中小型哺乳類穿越通道 改良式排水通道 兩爬通道	<b>樓地調整</b> 樓地與通行權管理 中止餵食	<b>既有結構改善</b> 改善道路結構設施(圍籬、截流溝、護欄)提供動物移動 增加中央安全島寬度

## 7.2 對策建議 – 各類減輕對策回顧

- 野生動物通道建置、使用與效益評估計畫 (Huijser et al. 2007)
- 各類改善案例措施回顧

<b>降低路網交通量 (無實際案例)</b> 降低行車速率 車速限制告示 交通寧靜措施 (減速丘、緩降標線、車道合併) 車速限制建議告示	<b>野生動物警示標誌</b> 動物偵測系統 駕駛人視線改善(路燈、植被移除等) 大眾教育與相關訊息提供 人力交通管制措施 物理分隔/改變動物行為減輕措施 長隧道/長橋梁 野生動物圍籬 結合動物通道之圍籬 結合除逃設施之圍籬 結合橫跨道路措施(如交通管理)之圍籬
--	---



Photo: Marcel Huijser.

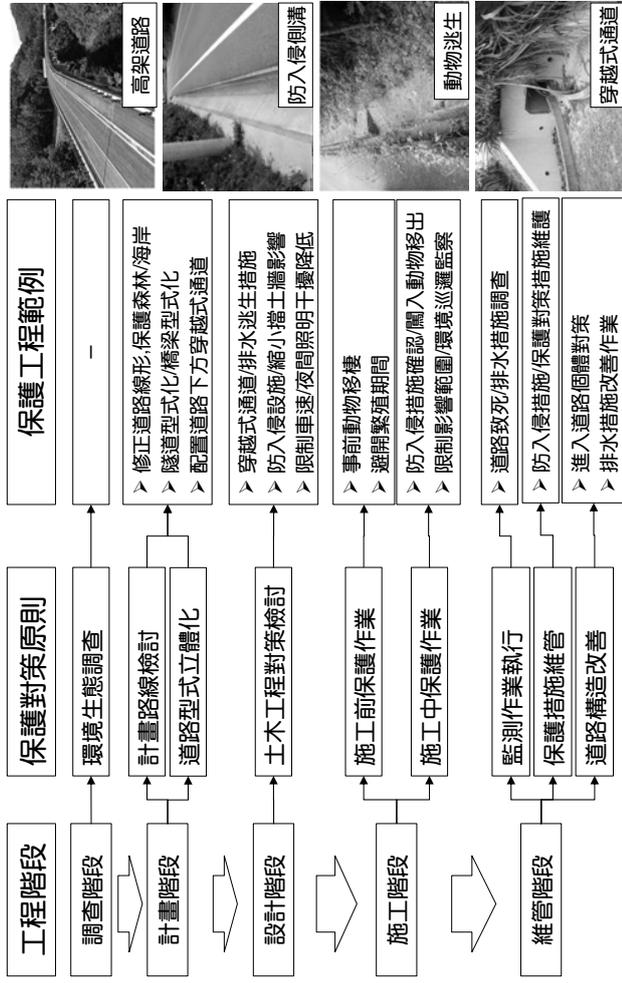


Photo: Marcel Huijser.

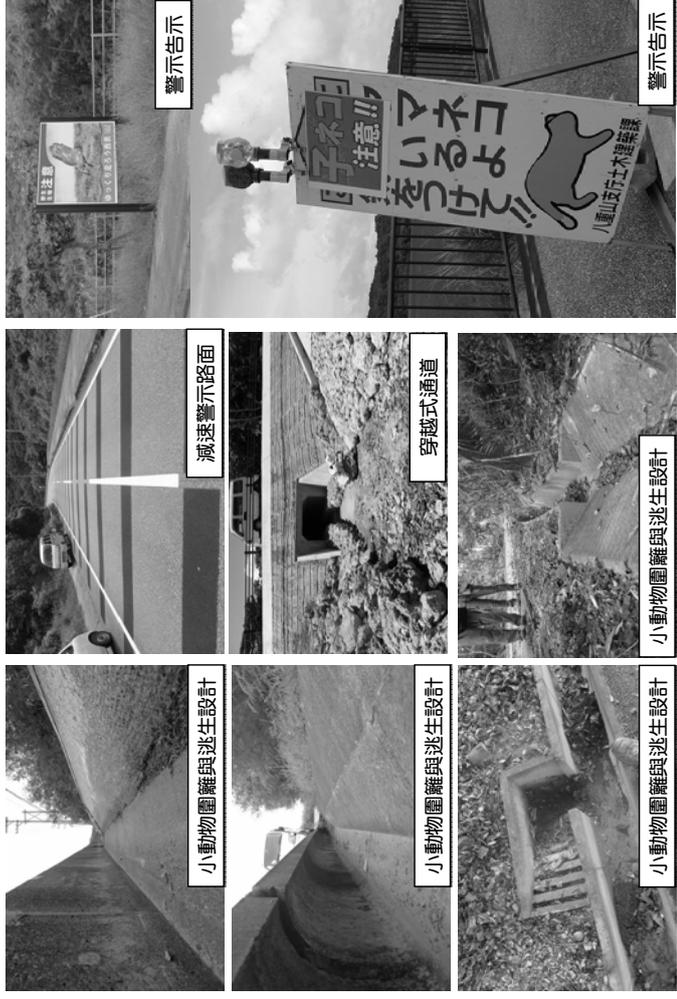


## 7.2 對策建議－各類減輕對策回顧

- 小動物保護對策指南 (沖繩總合事務所北部國道事務所, 2008)



## 7.2 對策建議－西表島減輕對策案例



## 7.2 對策建議－林管處意見交流

- 羅東林管處**

  - ◆ 整理本案相關資料，於遊客中心進行成果說明與宣導為後續可行對策
  - ◆ 請遊客協助調查道路致死事項，可能有安全上之顧慮
  - ◆ 可提出對於山區道路改善相關建議
- 東勢林管處**

  - ◆ 討論道路致死宣導並請遊客協助回報道路致死資料之試驗操作
  - ◆ 提供近年道路致死資料
  - ◆ 建議拜訪大雪山社區相關居民
  - ◆ 其他事項討論(攝影者餵食藍腹鵲與黑尾雉課題)
- 新竹林管處**

  - ◆ 提供道路致死資料與烏來工作站相關窗口資訊
  - ◆ 原預計進行遊客宣導及參與調查機制試驗操作，因封路而未執行
  - ◆ 討論桶后林道梭德氏赤蛙繁殖期交管可行性 - 受限人力及當地居民不易管制
  - ◆ 未來道路改善工程可參與設計相關會議提供建議
  - ◆ 由環境清潔人員執行調查或許為可行方式
  - ◆ 大鹿林道持續有軍方工程，近年擾動大

## 7.3 後續工作建議

### ● 優先評估改善林道與目標類群建議

建議改善	林道	對象	說明
優先	桶后	梭德氏赤蛙	繁殖期有熱點路段
	大雪山	梭德氏赤蛙	繁殖期有熱點路段 (位於林班地外)
次優先	大雪山	攀蜥	主要位於林班地外，路段待確認
	大雪山	蛇	保育類較多，路段待確認
	大雪山	石龍子	位於林班地外，路段待確認
	大雪山	蟾蜍	位於林班地外，路段待確認

### ● 第二年優先工作項目建議

- ◆ 大雪山林道潛在路死熱點路段與敏感物種加強調查與釐清
  - 7k-23k 蛇類、攀蜥和石龍子類熱點與成因調查
- ◆ 大雪山林道與桶后林道梭德氏赤蛙熱點路段高峰確期確認
- ◆ 熱點路段道路結構與環境因子影響分析
- ◆ 熱點路段動物穿越路徑調查
- ◆ 特定道路結構與排水設施改善方式評估

### 7.3 後續工作建議

- 第二年改善措施建置路段建議對策
  - ◆ 導引圍籬結合既有排水設施或新設動物通道
    - 道路兩側具有不同棲地或資源吸引動物穿越
    - 林道穿越良好棲地之距離較長時
    - 大雪山林道或桶后林道溪流蛙類熱點
  - ◆ 阻隔動物進入道路之導引圍籬
    - 目標物種較無通過道路需求
    - 如爬蟲類至路面吸取熱量，或髮夾彎尾端路死熱點
  - ◆ 警示告示牌
  - ◆ 交通管制或車流量限制
    - 由今年風災封閉林道之道路至死資料可推估交通管制減輕路死效力
    - 管制人力課題可考慮委外方式結合志工或環境關心團體，於尖峰季節與時段進行
  - ◆ 既有道路構造物改善
    - 蛇類道路致死較明顯路段進行改善
    - 清理排水孔或變更為分段混凝土護欄型式

### 7.3 後續工作建議

- 非針對性道路致死改善建議
  - ◆ 配合既有林道維護管理或清潔作業進行道路致死調查
    - 參考高速公路局現行案例
    - 應有適當道路致死調查訓練維護資料品質
  - ◆ 非定時回報機制
    - 提供簡易道路致死回報表單等方式，供林道管理單位和人員回報
    - 今年度工作坊即有提供，各林管處亦有回報相關資料(含保育類路死)
    - 需配合資料庫蒐集管理，與後續分析作業
  - ◆ 大眾宣導教育
    - 於環教或生態解說展示場域，利用本計畫成果進行宣導
    - 提供遊客資訊摺頁或回報資料表單
  - ◆ 建置資料庫或與相關生態多樣性資料庫結合
    - 提供相關資訊資料管理、分析、回報和分享管道
    - 物種道路致死點位資料亦能提供物種分布資訊或其他學術用途
  - ◆ 配合林道維護管理或修繕工程，逐步進行相關改善作業

### 計畫進度- 期末審查階段預定進度

工作項目	工作比重	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	備註
國內外野生動物道路及周邊排水設施致死相關文獻以及案例蒐集	12%	[Progress bar from 1 to 12]												
評估國有林班地區域內野生動物道路以及周邊排水設施致死潛在敏感程度	25%	[Progress bar from 1 to 12]												
國有林班地區域野生動物道路與周邊排水設施致死現況調查以及課題分析	35%	[Progress bar from 1 to 12]												
研擬國有林班地區域野生動物道路致死課題改善對策	25%	[Progress bar from 1 to 12]												
野生動物道路致死課題工作坊	8%	[Progress bar from 1 to 12]												
期中與期末報告提送		[Progress bar from 1 to 12]												
累積進度	8%	17%	25%	33%	42%	50%	58%	67%	75%	83%	92%	100%		

敬請指教